PROF. DR. AGR. h. c. OSKAR ECKSTEIN
Docteur ès Sciences physiques et chimiques
Wissenschaftlicher Beirat des Deutschen Kalisyndikats

ALBERT BRUNO
Ingénieur Agronome
Directeur du Service Scientifique et Agricole
de la Société Commerciale des Potasses d'Alsace

J. W. TURRENTINE, PH. D.
President American Potash Institute

KENNZEICHEN DES KALIMANGELS
SIGNES DE MANQUE DE POTASSE
POTASH DEFICIENCY SYMPTOMS

Avec collaboration de — with the collaboration of

G. A. COWIE, M. A., B. SC., F. I. C. & DR. G. N. HOFFER



1937

Zweite Auflage — II ème Édition — Second Edition

VERLAGSGESELLSCHAFT FÜR ACKERBAU M.B.H. BERLIN SW 11

Buchgestaltung F. Winninger
Druck der Spamer A.-G. in Leipzig

Vorwort zur II. Auflage

Preface to the Second Edition

Préface pour la IIème Édition

Eine unerwartet starke Nachfrage, insbesondere aus den Ländern des Fernen Ostens und aus den Vereinigten Staaten von Amerika, hat schon jetzt eine Neuauflage der „Kennzeichen des Kalimangels" notwendig gemacht, in welcher einige Verbesserungsvorschläge berücksichtigt werden konnten. Wir möchten an dieser Stelle unseren zahlreichen Mitarbeitern danken, ohne deren wesentliche Beiträge die Herausgabe dieses Werkes, das in internationalen Fachkreisen solch erfreuliche Beachtung gefunden hat, nicht möglich gewesen wäre.

The unexpectedly keen demand, especially from the Far East and from the United States of America, has already necessitated a second edition of "Potash Deficiency Symptoms". This has afforded an opportunity to effect certain corrections and improvements. The publication met with a most gratifying reception in agricultural circles all over the world and we should like to acknowledge our indebtedness to our numerous friends without whose help the work would not have been possible.

L'accueil empressé que notre livre a rencontré, particulièrement dans les pays d'Extrême-Orient et aux États-Unis d'Amérique, nous oblige déjà à faire une nouvelle édition dans laquelle nous avons pu prendre en considération quelques améliorations qui nous ont été suggérées. Nous voudrions à cette occasion remercier nos nombreux collaborateurs de la contribution importante qu'ils ont apportée à la publication de cet ouvrage pour lequel les milieux agricoles internationaux ont témoigné un si bienveillant intérêt.

Nov. 1937.

O. E. A. B.
J. W. T.

Avant-Propos

Geleitwort

Foreword

L'analyse chimique a révélé l'existence dans les plantes les plus diverses, et cela sans aucune exception, d'une proportion notable de composés du potassium ou, comme on dit en agriculture, de «potasse».

D'autre part, les expériences les plus rigoureuses de culture dans des milieux nutritifs chimiquement définis, préparés avec des substances très pures, ont apporté la preuve que les plantes ne se développent pour ainsi dire pas en l'absence de sels potassiques. Il faut même fournir aux plantes, plus ou moins suivant les espèces, une proportion déterminée de ces sels. Si la proportion est insuffisante, la loi de Liebig dite «du minimum» intervient et la récolte reste inférieure à ce qu'elle devrait être.

Ces résultats, vérifiés et confirmés par de nombreux expérimentateurs, apportent aux agronomes la démonstration scientifique de la nécessité de la «potasse»; bien mieux, ils établissent ce fait important au point de vue économique qu'une dose déterminée et suffisante de «potasse» doit être fournie aux plantes pour obtenir le maximum de rendement.

Mais, quand on passe de la théorie à la pratique, du laboratoire au champ, de nombreuses complications apparaissent: le sol est un milieu excessivement complexe, très mal défini, dans lequel se trouvent non seulement des substances minérales, potassiques ou non, de composition et de propriétés variables, mais où pullulent d'innombrables microorganismes, animaux et végétaux, qui disputent aux plantes cultivées la «potasse» disponible. En outre, interviennent des agents climatiques indomptables, lumière, chaleur et surtout rosée, brouillards et pluies, qui influent, d'une manière considérable, sur le développement des récoltes et masquent certaines années, au moins en partie, les effets des substances fertilisantes.

Il devient alors très difficile aux agriculteurs de reconnaître s'il y a assez de «potasse» dans leurs terres. C'est justement pour les aider dans cette conjoncture que MM. Eckstein, Bruno et Turrentine publient sur les «Signes de manque de potasse» le beau livre qu'ils me demandent de présenter.

M. le Professeur Eckstein, auparavant de la faculté des Sciences de Chicago et Pékin, dirige le Service Scientifique et Agricole du «Deutsches Kalisyndikat». On lui doit de nombreuses notes dans les revues scientifiques. Son service édite la revue «Die Ernaehrung der Pflanze» (La nutrition des plantes), bien connue du monde agronomique et a créé la Station expérimentale de Lichterfelde, dotée de laboratoires spécialement équipés pour l'analyse des plantes, des sols et des engrais, pourvue aussi des derniers perfectionnements pour les cultures en solutions nutritives, en pots et en cases de végétation. Cette station publie, chaque année, de nombreux et intéressants résultats.

M. Bruno, Ingénieur Agronome, est Directeur du Service Scientifique et Agricole de la Société Commerciale des Potasses d'Alsace. Il a passé une vingtaine d'années

dans les laboratoires du Ministère français de l'Agriculture; il a été appelé, jeune encore, à diriger le laboratoire central de ce Ministère, puis à inspecter l'ensemble du service. Après la guerre, il a consacré une grande partie de son effort à réorganiser les stations agronomiques et à créer un service de documentation scientifique. En 1927, il a été détaché du Ministère de l'Agriculture aux Mines de potasse d'Alsace.

Quant à M. TURRENTINE, il dirigeait le service de recherches concernant la potasse au Ministère de l'Agriculture des Etats-Unis. Son livre «Potash», publié en 1926, est une représentation parfaite de l'état actuel de la question. Les divers groupes qui, aux Etats-Unis, importent de la potasse et exploitent les lacs salés et les mines de sels de potasse ont mis en commun leurs moyens de recherches et de vulgarisation; un office a été organisé sous le nom de «Potash Institute» et nul n'a été jugé plus qualifié que M. J. W. TURRENTINE pour en prendre la présidence.

On voit que MM. ECKSTEIN, BRUNO et TURRENTINE possèdent une expérience approfondie des problèmes qui touchent à la fertilisation du sol, en particulier par la «potasse».

Il est heureux qu'ils se soient associés pour porter à la connaissance des agronomes le fruit de leur travail. Ils ont réuni les documents de tous ordres dont ils disposaient et ils en ont fait une sélection sévère pour ne retenir que les meilleurs, les plus certains et les plus expressifs. Le bel ouvrage qu'ils nous offrent aujourd'hui est une étude fort importante, solidement documentée par une abondante littérature et remarquablement illustrée.

Les auteurs se sont efforcés d'éviter les longs développements, pensant que de bonnes figures en couleurs sont plus éloquentes que des explications détaillées. Ils ont eu l'excellente idée de publier leur ouvrage à la fois en langues allemande, anglaise et française afin de le rendre accessible à un public étendu et de contribuer ainsi, plus activement, à l'œuvre de coopération et de compréhension scientifique internationale.

Die chemische Analyse zeigt, daß alle Pflanzen einen beträchtlichen Gehalt an Kaliumverbindungen, oder wie man in der Landwirtschaft zu sagen pflegt, an „Kali" aufweisen, und exakte Versuche haben den Beweis erbracht, daß die Pflanzen sich in der Abwesenheit von „Kali" nicht entwickeln können. Die Pflanzen verlangen je nach ihrer Art ganz bestimmte Mengen dieses Nährstoffes; wenn die Zufuhr an „Kali" ungenügend ist, so tritt das Liebig'sche Gesetz vom Minimum in Kraft und die Erträge bleiben hinter den unter normalen Bedingungen zu erwartenden zurück. Diese Tatsache, die von sehr zahlreichen Versuchsanstellern immer wieder bestätigt wurde, beweist für den wissenschaftlichen Arbeiter die absolute Notwendigkeit der „Kali"-Zufuhr, d. h. sie führt die vom wirtschaftlichen Standpunkte aus bedeutungsvolle Tatsache vor Augen, daß eine ganz bestimmte und hinreichende Menge von „Kali" den Pflanzen geliefert werden muß, um normales Wachstum zu erzielen.

Wenn man aber von der Theorie in die Praxis übergeht, vom Laboratorium auf den Acker, so ergeben sich zahlreiche Schwierigkeiten; der Boden ist eine mannigfache Welt für sich, wo nicht nur Mineralsubstanzen von ganz verschiedenartiger Zusammensetzung und physikalischen Eigenschaften — kalihaltige und viele andere —, sondern auch unzählige Kleinlebewesen tierischer und pflanzlicher Art vorhanden sind, welche, ebenso wie die Ackerpflanze, Kali für sich beanspruchen. Ferner bestimmen klimatische Faktoren, die außerhalb unseres Einflusses liegen, wie Licht, Wärme, Tau, Nebel und Regen, die Entwicklung der Ernten, und in manchen Jahren verdecken diese ganz die Wirkung, welche von der Zufuhr von Pflanzennährstoffen ausgeht.

Unter diesen Umständen ist es schwierig, auf dem Felde zu erkennen, ob sich in den Böden genug „Kali" findet, und das vorliegende Buch über die Kennzeichen des Kalimangels, dessen Verfasser ECKSTEIN, BRUNO und TURRENTINE ausgedehnte Erfahrungen auf dem Gebiete der Pflanzenernährung — und besonders der Kalifragen — besitzen, begegnet einem tatsächlich bestehenden Bedürfnis. Professor ECKSTEIN, früher Mitglied der chemischen Fakultäten von Chicago und Peking, leitet die wissenschaftliche Tätigkeit des Deutschen Kalisyndikats und ist Verfasser zahlreicher wissenschaftlicher Arbeiten; seine Abteilung gibt die in internationalen landwirtschaftlichen Fachkreisen sehr geschätzte Zeitschrift „Die Ernährung der Pflanze" heraus und schließt die Landwirtschaftliche Versuchsstation Lichterfelde ein, aus deren Laboratorien und Versuchsfeldern zahlreiche interessante Ergebnisse hervorgehen.

Herr BRUNO, Ingénieur Agronome, ist Direktor der wissenschaftlichen und landwirtschaftlichen Abteilungen der Société Commerciale des Potasses d'Alsace. Er hat noch in jungen Jahren das Zentrallaboratorium des französischen Landwirtschaftsministeriums geleitet und später die gesamte Tätigkeit dieser Abteilung überwacht. Nach dem Kriege übernahm er die Reorganisation der landwirtschaftlichen Versuchsstationen in Frankreich und gründete eine Stelle zur Sammlung wissenschaftlicher Literatur. Im Jahre 1927 wurde er vom Landwirtschaftsministerium der französischen Kaliindustrie zugeteilt.

Dr. J. W. TURRENTINE gehörte dem amerikanischen Landwirtschaftsministerium seit 1911 an und spielt eine bedeutende Rolle in der Kaliforschung in den Vereinigten Staaten. Sein grundlegendes Buch „Potash" erschien 1926. Als im Jahre 1935 die verschiedenen Gruppen, welche in den Vereinigten Staaten Kalisalze einführen und die Kalivorkommen des amerikanischen Westens ausbeuten, eine gemeinsame Stelle zur Kaliforschung und Förderung der Kalianwendung in der Landwirtschaft unter dem Namen American Potash Institute gründeten, wurde Dr. TURRENTINE zu dessen Präsidenten ausersehen.

Es ist dankenswert, daß diese drei Verfasser ihre Erfahrungen auf einem Spezialgebiet des „Kali"-Problems in diesem Buche der Landwirtschaft unterbreiten.

Sie haben aus dem reichen Material, das ihren Instituten zur Verfügung stand, eine Auswahl des eindeutigsten und am meisten geeigneten getroffen und in der vorliegenden Studie veröffentlicht. Zuverlässige Literaturangaben und aufschlußreiche Illustrationen erhöhen den Wert des vorliegenden Werkes. Die Verfasser haben es sich angelegen sein lassen, das dokumentarische Material, insbesondere die guten Abbildungen, für sich sprechen zu lassen und unnötige Längen in den Beschreibungen zu vermeiden. Es war ein guter Gedanke, das Buch zugleich in französischer, englischer und deutscher Sprache herauszugeben, um es einem umfassenden Leserkreise zugänglich zu machen. Die Verfasser haben auf diese Art ein bemerkenswertes Beispiel internationaler Zusammenarbeit und gegenseitigen Verständnisses der Länder gegeben.

Chemical analysis has shown that all plants without exception contain considerable amounts of potassium compounds, or to use the popular agricultural term, of "potash".

Furthermore accurate experiments with plants growing in nutrient solutions of definite composition, prepared with chemically pure substances, have proved that plants make practically no growth in the absence of potassium salts. Plants must even be supplied with definite quantities of these salts, which may be greater or less according to the species of crop. If the available supply of potassium is insufficient for the requirements of the plants, Liebig's law of minimum comes into operation and yields remain much below the normal level.

These results which have been verified by numerous experiments, have not only afforded to agronomists a scientific demonstration of the necessity for "potash" but what is more, they have established a fact of great economic importance, namely, that sufficient quantities of "potash" must be supplied to crops in order to obtain maximum returns.

On passing from the realms of theory to the practical consideration of the problem, in other words from the laboratory to the field, complications arise. The soil is an exceedingly complex structure the nature of which is ill defined. It not only contains mineral substances of varying composition and properties but is also populated by innumerable animal and vegetable micro-organisms, which compete with the crop for the available supply of potash. On the other hand climatic factors beyond man's control such as light, heat, and above all dew, mist and rain, influence the yields to a considerable extent and tend sometimes to mask the effect of the fertilisers applied.

It is, however, very difficult for agriculturists to ascertain whether their soils contain a sufficient supply of available "potash", and it is to assist them in solving this important problem that Messrs. Eckstein, Bruno and Turrentine have published this volume which I have great pleasure in sponsoring.

Professor OSKAR ECKSTEIN, formerly of the Faculties of Science of the Universities of Chicago and Peking, directs the scientific activities of the German Potash Syndicate. He is the author of numerous chemical and agricultural papers. His department edits the review "Die Ernaehrung der Pflanze" and includes the unusually well equipped Agricultural Experiment Station at Berlin-Lichterfelde, both well known throughout the agricultural world.

Mr. ALBERT BRUNO, Ingénieur Agronome, is the director of the Scientific and Agricultural Service of the Société Commerciale des Potasses d'Alsace. After twenty years of activity in the laboratories of the French Ministry of Agriculture, he was appointed to the post of director of the Central Laboratory of this Ministry and was entrusted later with the supervision of the whole service. After the war Mr. BRUNO devoted a great part of his energies to the reorganisation of the official agricultural stations. In 1927 he was delegated by the Ministry of Agriculture to take over his present position with the French potash mines.

Dr. J. W. TURRENTINE was formerly in charge of Potash Researches of the Bureau of Chemistry and Soils, U. S. Department of Agriculture. His book "Potash" published in 1926 gives a review of the world's potash situation at that time. The different groups engaged in the exploitation of American salt lakes and mineral deposits and in the importation of potash salts to the United States have recently founded a joint research and educational service under the name of American Potash Institute and Dr. J. W. TURRENTINE was selected as its president.

The three authors of this work have thus a wide experience in dealing with questions concerning fertiliser problems in general and "potash" in particular, and it was a happy thought on their part to have joined forces in order to place the fruit of their work at the disposal of the agriculturist. In compiling this volume they have subjected the large amount of data available to them to a careful scrutiny and have selected for publication only those facts for the accuracy of which well founded evidence exists. The present volume presents a valuable study, strikingly illustrated and well supported by a comprehensive bibliography.

The authors have abstained from a lengthy discussion of the many aspects of their subject as they realise that the coloured illustrations are far more eloquent than the most detailed descriptions. It was an excellent idea to publish this volume in three languages viz. German, French and English. The study is in this way rendered accessible to a more extensive public and, incidentally, constitutes a material contribution to the work of promoting international scientific cooperation and mutual understanding.

Paris, March 1937.

GABRIEL BERTRAND
Membre de l'Académie des Sciences
et de l'Académie d'Agriculture.

INHALTSVERZEICHNIS

TABLE DES MATIÈRES

CONTENTS

Seite

Einleitung — Introduction 1–6

Erster Teil: Allgemeine Kennzeichen des Kalimangels 7
Première Partie: Symptômes généraux du manque de potasse 7
First part: General symptoms of potash deficiency 7

I. Äußerliche Kennzeichen und Veränderungen des inneren Aufbaues . . . 8
1. Blatt 8
2. Wurzel 12
3. Blüte und Frucht 14
4. Trachtenbild 15
5. Innerer Aufbau 17

Signes extérieurs et altérations de la morphologie interne 19
1. Feuille 19
2. Racine 23
3. Fleur et fruit 24
4. Morphologie externe de la plante 26
5. Morphologie interne de la plante 27

External symptoms and modifications of the inner structure of the plant . 30
1. Leaf 30
2. Root 35
3. Blossom and fruit 36
4. Appearance of the plant 38
5. Inner structure of the plant 39

II. Sekundäre Wirkungen des Kalimangels 43
Einfluß auf die Widerstandsfähigkeit gegen Krankheiten, Schädlinge und Witterungseinflüsse 43

Actions secondaires du manque de potasse 47
Influence sur la résistance des plantes aux maladies, aux parasites et aux accidents météorologiques 47

Secondary effects of potash deficiency 52
Influence on resistance to plant diseases, pests and climatic factors . . 52

Seite

III. Kalimangel und Marktwert der Ernteerzeugnisse 55
Manque de potasse et valeur marchande des produits récoltés 57
Potash deficiency and the market value of crops 59

IV. Pathologie des Kalimangels 61
Pathologie du manque de potasse 64
Pathology of potash deficiency 68

Zweiter Teil: Kalimangelerscheinungen bei einzelnen Kulturpflanzen . . . . . .
Deuxième Partie: Signes de manque de potasse chez les différentes plantes cultivées } 71
Second Part: Potash deficiency symptoms on various cultivated crops . . . . . .

I. Maize and other cereals *by Dr. G. N. Hoffer, Washington, D. C.* 72
1. Recognition of potassium deficiency 72
2. Lodging and root rot symptoms 74
3. Importance of the heriditary factors in the diagnosis of potash deficiency symptoms 75
4. Confirmation of deficiency symptoms in maize by chemical tests . . 76
Summary 78

Maïs et autres céréales 79
1. Reconnaissance du manque de potasse 79
2. La verse des céréales et du maïs, et la pourriture des racines . . . 81
3. Importance des facteurs de l'hérédité dans la diagnose des symptômes de manque de potasse 82
4. Confirmation des symptômes de manque par réactions chimiques . . 83
Résumé 85

Mais und andere Getreidearten 86
1. Die Erkennung des Kalimangels 86
2. Lagergefahr und Wurzelkrankheiten 88
3. Die Bedeutung der erblichen Eigenschaften bei der Bestimmung von Kalimangelerscheinungen 89
4. Die Bestätigung der Mangelerscheinungen bei Mais durch chemische Untersuchungen 90
Zusammenfassung 92

II. Fruit Trees *by G. A. Cowie, M. A., B. Sc., F. I. C., London* 95
1. Development of "Leaf Scorch" 95
2. Importance of nitrogen and potash balance 96
3. Effect on yield and size of fruit 96
4. Effect on colour of fruit 96

Seite

Arbres à fruits 98
1. Développement de la «grillure des feuilles» 98
2. Importance de l'équilibre de l'azote et de la potasse 100
3. Effet sur la récolte et la taille des fruits 100
4. Effet sur la couleur du fruit 100

Obstbäume 102
1. Entwicklung von „Blattdürre" 102
2. Bedeutung des Stickstoff- und Kaligleichgewichtes 103
3. Wirkung auf Ertrag und Größe der Frucht 103
4. Wirkung auf die Farbe der Früchte 104

III. Vigne 105
Wein 106
Vines 107

IV. Farbige Darstellungen charakteristischer Kalimangelerscheinungen an wichtigen Kulturpflanzen. (Nach Farbenphotographien und farbigen Zeichnungen nach der Natur) . . . . 109—217
Reproductions en couleur. Signes caractéristiques de manque de potasse. (D'après photographies en couleurs et dessins coloriés d'après nature) 109—217
Coloured illustrations. Characteristic symptoms of potash deficiency. (Prepared from colour photographs and coloured drawings) . . . . 109—217

			Tafel
Weizen	Froment	Wheat	I, II
Roggen	Seigle	Rye	III, IV
Hafer	Avoine	Oats	IV, V
Gerste	Orge	Barley	VI
Reis	Riz	Rice	VII, VIII
Mais	Maïs	Maize	IX, X
Luzerne	Luzerne	Lucerne (Alfalfa) .	XI
Rotklee	Trèfle rouge	Red clover . . .	XII
Inkarnatklee . . .	Trèfle incarnat	Crimson clover .	XII
Weißklee	Trèfle blanc	White clover . .	XIII
Timothee	Fléole	Timothy	XIV
Kanariengras . .	Alpiste des Canaries . . .	Canary-grass . .	XV
Pferdebohne . .	Féverolle	Horse bean . . .	XVI
Sojabohne	Soja	Soy-bean	XVI
Zuckerrübe . . .	Betterave à sucre	Sugar beet . . .	XVII—XIX
Kartoffel	Pomme de terre	Potato	XX—XXIII
Futterrübe . . .	Betterave fourragère . . .	Mangold	XXIV
Rebe	Vigne	Grape-vine . . .	XXV, XXVI
Apfel	Pommier	Apple	XXVII—XXIX
Orange	Orange	Orange	XXX

			Tafel
Mandarine	Mandarine	Tangerine	XXXI
Johannisbeere	Groseiller à grappes	Red currant	XXXII
Stachelbeere	Groseiller épineux	Gooseberry	XXXIII
Erdbeere	Fraisier	Strawberry	XXXIV
Tomate	Tomate	Tomato	XXXV
Zwiebel	Oignon	Onion	XXXVI
Karotte	Carotte	Carrot	XXXVII
Spinat	Épinard	Spinach	XXXVIII
Sellerie	Céleri	Celery	XXXVIII
Paprika	Poivre rouge	Chillies	XXXIX
Gurke	Concombre	Cucumber	XXXIX
Weißkohl	Chou blanc	White cabbage	XL
Rotkohl	Chou rouge	Red cabbage	XLI
Rosenkohl	Chou de Bruxelles	Brussels sprouts	XLII
Grünkohl	Chou frisé	Curly kale	XLIII
Wirsingkohl	Chou de Milan ou Pancalier	Savoy cabbage	XLIV
Blumenkohl	Chou fleur	Cauliflower	XLV
Bohne	Haricots nains	Bean	XLVI
Erbse	Pois	Pea	XLVI
Baumwolle	Coton	Cotton	XLVII, XLVIII
Flachs	Lin	Flax	XLIX
Zuckerrohr	Canne à sucre	Sugar cane	L
Kaffee	Caféier	Coffee	LI
Tabak	Tabac	Tobacco	LII, LIII
Pfefferminze	Menthe	Peppermint	LIV

Seite

Literatur — Bibliographie — Bibliography 219

Bildernachweis — Illustrations 224

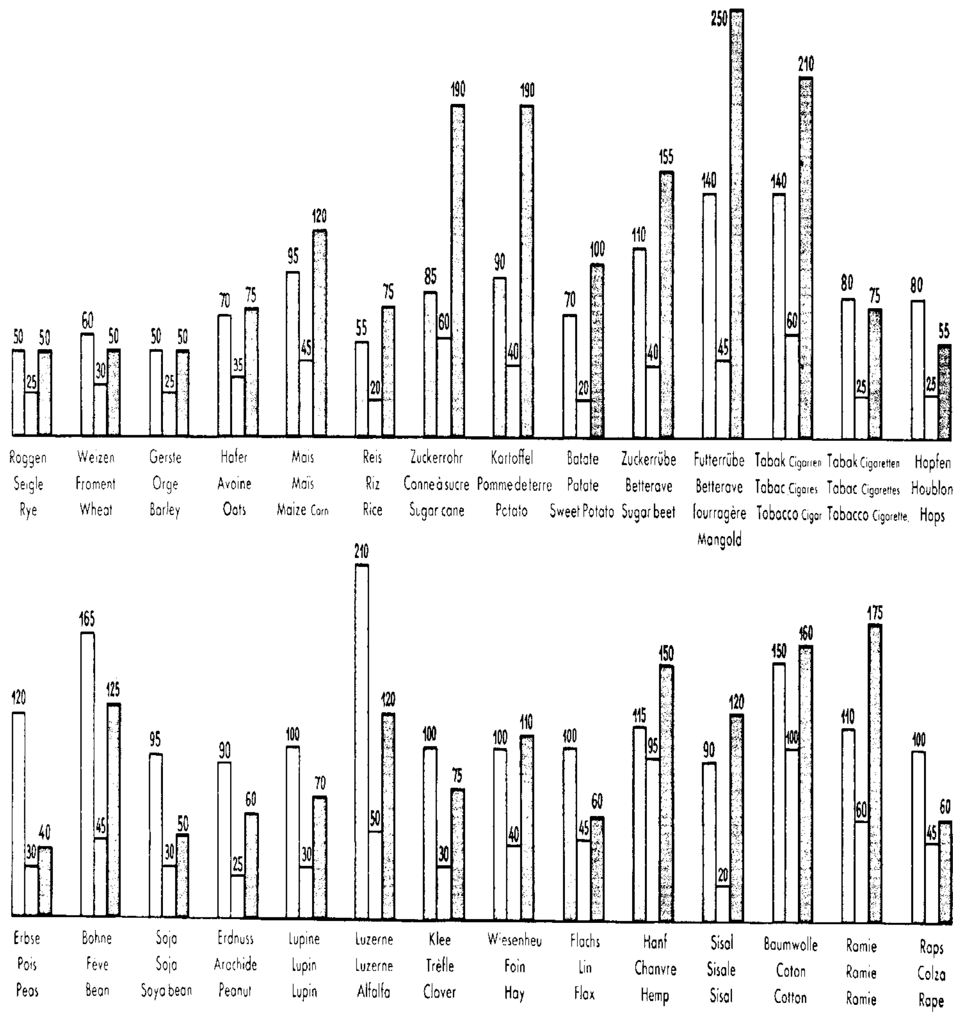
Index . . . . . 226—230—233

Nährstoffentzug durch mittlere Ernten der Kulturpflanzen in kg/ha

Exportation de matières nutritives par des récoltes moyennes des plantes cultivées en kg/ha

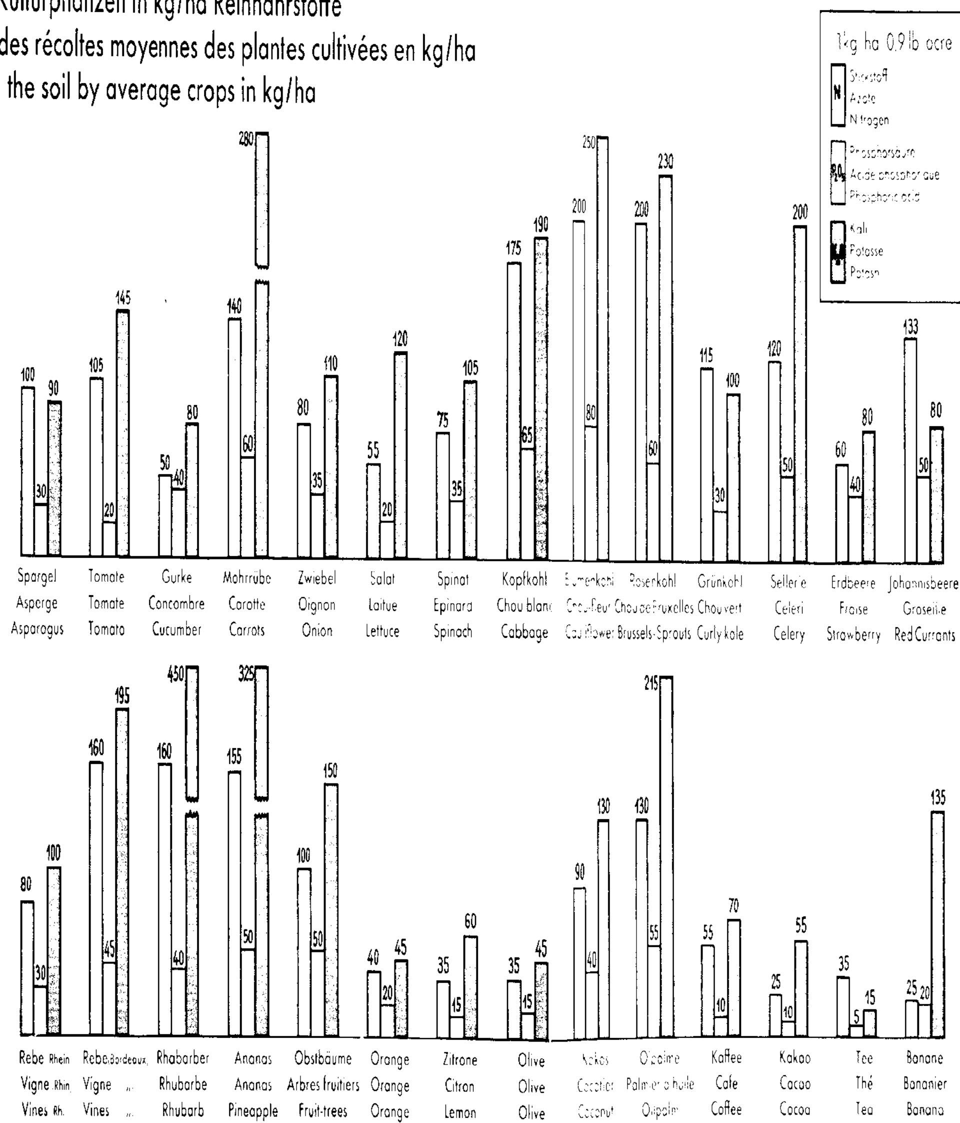
Amounts of plant-food removed from the soil by average crops in kg/ha

Nährstoffentzug durch mittlere Ernten
Exportation de matières nutritives
Amounts of plant-food removed



Die Leguminosen sind in der Lage, mit Hilfe der Knöllchenbakterien den Luftstickstoff zu verwerten.
Avec l'aide des bactéries des nodosités de leurs racines, les légumineuses peuvent utiliser l'azote de l'air.
Leguminous crops can with the help of the root nodule bacteria draw their supply of nitrogen from the air.

der Kulturpflanzen in kg/ha Reinnährstoffe
pár des récoltes moyennes des plantes cultivées en kg/ha
from the soil by average crops in kg/ha



Einleitung

Die Nährstoffe — Stickstoff, Phosphorsäure, Kali —, welche die Pflanze zu ihrem Gedeihen benötigt, dienen als Bausteine der Pflanzensubstanz und spielen gleichzeitig eine Rolle im Stoffwechsel der Pflanze. Steht der Pflanze der eine oder andere dieser Nährstoffe nicht in genügender Menge zur Verfügung, so ist die erste Folge dieses Mangels, daß die Pflanze ihr Wachstum einschränkt, und zwar auf das Maß, welches der in geringster Menge anwesende Nährstoff noch zuläßt. Ist der Mangel an einem Nährstoff stärker, während es um die Versorgung mit den anderen Nährstoffen besser bestellt ist, so ist die Pflanze nicht mehr in der Lage, die gestörte Harmonie der Nährstoffe auszugleichen. Das gesunde Wachstum der Pflanze wird gehemmt, und es treten krankhafte Veränderungen in der Entwicklung ein. Diese krankhaften Störungen der Entwicklung sind bei einem Mangel an Kali besonders ausgeprägt. Auch bei Kalimangel ist zwar, ebenso wie bei Mangel an Stickstoff und Phosphorsäure, die erste Folge eine Beeinträchtigung der mengenmäßigen Entwicklung der Pflanze. Da aber das Kali eine besondere Rolle bei den wichtigsten Stoffwechselvorgängen der Pflanze spielt, der Assimilation, der Atmung, der Umbildung und Weiterleitung der gebildeten Pflanzenstoffe, sowie bei ihrem Wasserhaushalt, ist die Pflanze nicht in der Lage, einseitigen Kalimangel durch entsprechende Verminderung der Ernteerträge auszugleichen, sondern ein Mangel an diesem Nährstoff äußert sich in besonders ausgeprägtem Maße durch das Auftreten von krankhaften Mangelerscheinungen. Die so verursachten Störungen des Stoffwechsels der Pflanze machen sich äußerlich bemerkbar durch eine Verfärbung der Blätter, das Auftreten von Flecken, die durch Zerstörungen der Gewebe bedingt sind und durch eine abnorme Ausbildung der verschiedenen Organe, die eine charakteristische Veränderung des ganzen Aussehens der Pflanze verursacht. Unter dem Mikroskop zeigt sich, daß der Kalimangel zu einer Schwächung des inneren Aufbaus der Pflanze führt. Der abnorme Verlauf der Stoffwechselvorgänge, der die Ursache all dieser Erscheinungen ist, äußert sich in einer allgemeinen Verschlechterung der Qualität und in einer erhöhten Anfälligkeit gegen Parasiten und Pflanzenkrankheiten.

Der gewaltige Entzug von Nährstoffen durch die angebauten Kulturpflanzen führt auf allen, selbst fruchtbaren und nährstoffreichen Böden im Laufe der Jahre zu einer Erschöpfung des Bodenkapitals an aufnehmbaren Mineralstoffen, d. h. zu verminderter Fruchtbarkeit des Bodens, wenn nicht für genügende und rechtzeitige Nachlieferung durch Düngung gesorgt wird. Die Ernten von solchen verarmten Böden sind niedrig; aber eigentliche Mangelerscheinungen treten auch bei starkem Schwinden des Nährstoffvorrats nicht auf, solange die Verarmung an den Nährstoffen Stickstoff, Kali und Phosphorsäure ungefähr gleichmäßig geschieht,

solange also die Nährstoffe in einer zwar stark verringerten Menge, aber einem untereinander harmonischen Verhältnis zur Verfügung stehen.

Wenn man den Nährstoffentzug der verschiedenen Kulturpflanzen vergleicht, so ergeben sich sehr große Unterschiede zwischen den verschiedenen Pflanzenarten (siehe Tafel „Nährstoffentzug mittlerer Ernten").

Bei der überwiegenden Anzahl der Kulturpflanzen wird der Nährstoff Kali in größerer Menge dem Boden entzogen als die anderen Nährstoffe; die Gefahr einer Verarmung des Bodens an Kali ist daher auf länger unter Kultur befindlichen Böden besonders stark. Die für einseitigen Mangel am Nährstoff Kali typischen Erscheinungen treten also bei einem hinreichend mit Stickstoff und Phosphorsäure versorgten kaliarmen Boden noch stärker hervor als bei Böden, die auch an diesen Kernnährstoffen Mangel leiden.

Ein Charakteristikum der Kalimangelerscheinungen ist, daß sie gewöhnlich erst nach Erreichen eines gewissen Wachstumsstadiums der Pflanze sich bemerkbar machen. Erst nach einiger Zeit erreicht die Pflanze eine Stufe, in der ihr Kaligehalt so weit gesunken ist, daß eine normale Durchführung der Stoffwechselvorgänge nicht mehr möglich ist, so daß krankhafte Erscheinungen auftreten. Die Kennzeichen des Kalimangels sind daher je nach dem Lebensalter der Pflanzen verschieden.

Da ferner die Stoffwechselvorgänge der Pflanze auch von dem Wetter, von der Belichtung, der Temperatur und der Luftfeuchtigkeit abhängen, werden sich unter sonst gleichen Umständen die Erscheinungen des Kalimangels auch bei verschiedener Witterung in verschiedener Art und in verschiedenem Umfange äußern. Aus all dem ergibt sich, daß es nicht möglich ist, ein Schema aufzustellen, nach dem man die verschiedenen Grade des Kalimangels einteilen kann. Man muß vielmehr dabei stets alle die Faktoren zur Beurteilung mit heranziehen, die das Wachstum der Pflanzen beeinflussen. Da das Kali einen sehr hohen Wirkungsfaktor besitzt, treten die typischen Kalimangelerscheinungen erst auf, wenn ein extremer Grad der Verarmung an Kali erreicht ist; dann ist aber der Kalizustand des Bodens bereits so schlecht geworden, daß seine Verminderung aufs äußerste die Bodenfruchtbarkeit, das Bodenkapital, gefährdet.

Wenn im folgenden die typischen Kalimangelerscheinungen beschrieben werden, so ist es mithin notwendig, darauf hinzuweisen, daß diese Kalimangelerscheinungen ein Gefahrenmoment darstellen, das in einem normal geordneten landwirtschaftlichen Betriebe überhaupt nicht auftreten sollte. Die bildlichen Darstellungen der charakteristischen Kalimangelerscheinungen, die sich auf sorgfältig gesammeltes Material aus verschiedenen Weltteilen stützen, sollen dem Landwirt helfen, diese Gefahrensignale zu erkennen. Sind solche Kalimangelerscheinungen einmal vorhanden, so kennzeichnen sie die äußerste Notwendigkeit sofortiger Abhilfe durch Kalidüngung.

Introduction

Les éléments nutritifs — azote, acide phosphorique, potasse —, dont les plantes ont besoin pour leur croissance, leur servent de matériaux de construction et jouent, en même temps, un rôle dans les échanges à l'intérieur de la plante. Si l'un ou l'autre de ces éléments nutritifs ne se trouve pas en quantité suffisante à la disposition de la plante, il en résulte, d'abord, que celle-ci restreint sa croissance et cela à l'avenant de l'élément présent en moindre quantité. Si le manque de l'un des éléments s'exagère, pendant que l'approvisionnement est mieux assuré pour les autres, la plante n'est plus alors capable de rétablir l'harmonie détruite dans son alimentation. Son développement normal est troublé et alors apparaissent des troubles maladifs de son développement. Ces troubles de croissance sont particulièrement nets lorsqu'il s'agit d'un manque de potasse. Il y a d'abord dans ce cas, comme en cas de manque d'azote ou d'acide phosphorique, la première conséquence d'une diminuation du développement quantitatif de la plante. Mais, comme la potasse joue un rôle particulier dans les plus importants processus de transformation dans la plante (l'assimilation, la respiration, la synthèse et la migration des matières végétales, comme aussi la répartition de l'eau), la plante ne se trouve plus capable de parer au manque de potasse par la réduction de sa production, mais encore le manque de cet élément s'exprime de façon apparente par des signes maladifs de déficience. Ces troubles de la plante apparaissent morphologiquement par une modification de la couleur du feuillage, l'apparition de taches qui sont causées par la destruction des tissus, par une apparence anormale des différents organes qui conduit à une modification caractéristique de tout l'aspect de la plante. Sous le microscope, on reconnait que le manque de potasse conduit à un affaiblissement de la structure anatomique de la plante. Le cours anormal des processus d'échange, qui est à l'origine de toutes ces apparences, se manifeste par un avilissement général de la qualité et une sensibilité accrue à l'égard des parasites et des maladies.

Les importantes exportations d'éléments nutritifs par les plantes cultivées conduisent, même les sols fertiles et riches, au cours des années, à un épuisement de leur capital en éléments minéraux assimilables, c'est-à-dire à une diminution de la fertilité du sol, s'il n'y est pas pourvu par une restitution suffisante, et en temps voulu, par la fumure. Les récoltes de ces sols appauvris sont faibles; mais, à vrai dire, les signes de déficience par grave insuffisance de l'alimentation, n'apparaissent pas lorsque l'appauvrissement en azote, potasse et acide phosphorique se produit à peu près uniformément, aussi longtemps que les éléments nutritifs, en quantités fortement réduites, restent, cependant, en proportion harmonieuse entre eux.

Si l'on compare les exportations d'éléments nutritifs des différentes plantes cultivées, il apparaît de très grandes différences entre les différentes sortes de plantes (voir «Exportation de matières nutritives par des récoltes moyennes».)

Pour le plus grand nombre de plantes cultivées, c'est l'élément nutritif potasse qui se trouve exporté en quantité plus importante que les autres; le danger d'un appauvrissement du sol en potasse est donc particulièrement grand pour les sols soumis depuis longtemps à la culture. Les signes typiques du manque de l'élément nutritif potassique apparaissent ainsi, dans un sol appauvri en potasse mais bien pourvu d'azote et d'acide phosphorique, encore plus que dans les sols qui souffrent en même temps du manque de ces deux autres éléments.

Une caractéristique des signes de manque de potasse est qu'ils apparaissent habituellement lorsque la plante a atteint un certain état de son développement. Seulement après quelque temps, la plante atteint une phase dans laquelle sa teneur en potasse est tellement réduite qu'un processus normal des migrations d'éléments n'y est plus possible, si bien que des apparences maladives se manifestent. Les symptômes du manque de potasse sont dès lors différents suivant l'âge des plantes.

Comme, d'autre part, les processus d'échange dans la plante dépendent aussi du temps, de l'éclairage, de la température et de l'humidité de l'air, il s'ensuit que, pour une même cause, les signes du manque de potasse peuvent apparaitre de façon différente sous des conditions de climat différentes.

De tout ceci résulte qu'il n'est pas possible de tracer un schéma suivant lequel on pourrait classer les différents degrés de manque de potasse. Il faut, pour cela, noter tous les facteurs qui agissent sur la croissance des plantes. Comme la potasse possède un très haut facteur de croissance, les signes typiques de manque de potasse apparaissent lorsqu'un degré extrême d'appauvrissement du sol est atteint; mais alors l'état du sol en potasse est devenu si mauvais, que son amoindrissement menace au maximum la fertilité du sol, c'est-à-dire le capital du sol.

Dans ce qui suit, sont décrits les signes typiques de manque de potasse, mais il faut bien remarquer que ces signes représentent un état de danger qui ne devrait jamais se produire dans une exploitation agricole normalement ordonnée. Les reproductions des signes caractéristiques de manque de potasse, provenant de matériaux soigneusement rassemblés dans les différentes parties du monde, doivent aider le cultivateur à reconnaitre ces signes de danger. Lorsque de pareils signes de manque de potasse existent, ils démontrent l'extrême nécessité d'y remédier d'urgence par la fumure potassique.

Introduction

The nutrients nitrogen, phosphoric acid and potash, which plants need for their growth, serve as building stones of plant material and at the same time play a role in the metabolism of the plant. If one or another of these nutrients is not present in sufficient amounts, the first effect of this insufficiency is a diminution of plant growth. The degree of this diminution is determined by the extent to which a nutrient is lacking. If one nutrient is lacking, even if the others are more plentifully supplied, the harmony of their interdependent functioning cannot be maintained by the plant. The healthy growth of the plant is deranged and pathological disturbances occur. These pathological disturbances in development are especially marked when there is a lack of potash.

The first effect of a deficiency of potash as well as of nitrogen and phosphoric acid is an impairment in the quantitative development of the plant. However, since potash plays a special role in important metabolic processes of the plant such as assimilation, respiration, transformation and translocation of manufactured plant materials, as well as in its water relationships, the plant cannot compensate for a deficiency of potash by reducing its growth and yield. A deficiency of this nutrient is markedly characterized by the occurrence of pathological symptoms. The disturbances in the metabolism of the plant, due to potash deficiency, are recognizable morphologically by a change in the color of the vegetation, the occurrence of spots caused by a breaking down of the tissues, and by an abnormal development of various organs which leads to a characteristic change in the entire appearance of the plant. It is evident under the microscope that potash deficiency causes a weakening of the anatomical structure of the plant. The abnormal course of metabolism which is the cause of all these phenomena, results in a general lowering of quality and in an increased susceptibility to parasites and disease.

The tremendous removal of nutrients by cultivated crops results even on fertile soils rich in nutrients, in the course of years, in an exhaustion of the soil's capital supply of available nutrients; that is, a reduction in the fertility of the soil occurs if adequate and timely fertilization is not subsequently practiced. The yields from such depleted soils are low. However, actual deficiency signs may not occur even with a marked depletion of nutrients if the deficiency of nitrogen, potash and phosphoric acid occurs about equally. In this case the nutrients, although at a very low level of supply are available in a balanced relationship.

If the nutrient removal by various cultivated plants is compared, great differences among them will be found (see "Amount of plant-food removed from the soil").

With the majority of cultivated plants potash is removed from the soil in larger amounts than the other nutrients. The danger of an impoverishment of the soil in potash is therefore especially great on those soils which have been under cultivation for a long time. The typical signs of a lack of potash are more marked when a soil, deficient in potash, is well supplied with nitrogen and phosphoric acid, than when there is a deficiency of all three of these essential nutrients.

A characteristic of potash hunger signs is that they usually first become noticeable only after a certain period of growth of the plant is reached. After a certain time the plant attains a stage in which its potash content becomes so low that a normal functioning of metabolic processes is no longer possible and pathological phenomena develop. The symptoms of potash hunger are therefore variable with the different ages of the plant.

Since the metabolic processes of the plant are dependent also on the weather, light, temperature and humidity, the signs of potash deficiency under otherwise equal conditions will be manifest in variable form and extent under different conditions of climate. From this it is evident that it is not possible to prepare a diagram in which the various degrees of potash deficiency can be classified. All factors which influence the growth of the plant must be taken into consideration. Since potash has a very high degree of efficiency, typical potash starvation signs occur only after an extreme degree of potash deficiency is reached. At that point, the condition of the soil with respect to potash supply has become so bad that a further reduction of the potash content dangerously threatens the complete exhaustion of the soil's fertility.

In the following pages typical potash deficiency symptoms are described. However, it should be kept in mind that these potash hunger signs indicate a point of danger which, in no circumstances, should occur in a normally organized agricultural establishment. The pictorial descriptions of the characteristic signs of potash hunger which are based on carefully collected material from various parts of the world should help the farmer to recognize these signals of danger. If such potash deficiency signs occur they indicate the most extreme necessity for immediate remedy by means of potash fertilization.

Erster Teil

Allgemeine Kennzeichen des Kalimangels

Première Partie

Symptômes généraux du manque de potasse

First part

General symptoms of potash deficiency

I. Äußerliche Kennzeichen und Veränderungen des inneren Aufbaues

1. Blatt

Während die Pflanze die Zusammensetzung der Früchte wie auch der Speicherorgane und der Stützorgane ihrer Art entsprechend regulieren kann, treten im Blatt, in dem die aufgenommenen Nährstoffe erst verarbeitet werden sollen, größere Schwankungen in der Zusammensetzung auf. Die Nährstoffe des Bodens werden von der wachsenden Pflanze nicht in dem Verhältnis aufgenommen, wie die Pflanze sie letzten Endes benötigt, sondern so, wie es der Gehalt der Bodenlösung an diesen verschiedenen Nährstoffen gestattet, und es kann nicht überraschen, daß bei den starken Schwankungen in der Zusammensetzung des Blattes Nährstoffmangelerscheinungen an diesem besonders deutlich zum Ausdruck kommen.

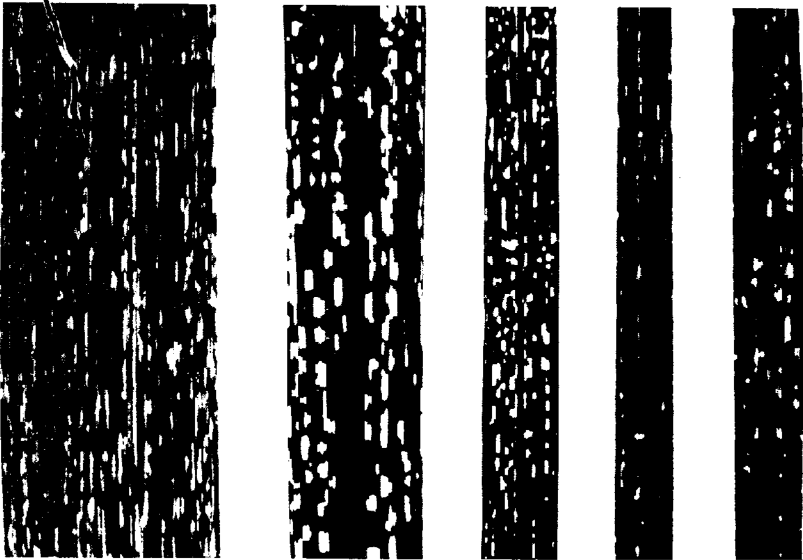
Der beginnende Kalimangel macht sich am Blatte zunächst durch das Auftreten einer bläulichgrünen Färbung bemerkbar. Das Blatt einer Pflanze mit beginnendem Kalimangel gleicht in seiner Färbung dem Blatte einer Stickstoffüberschußpflanze. Die durch Kalimangel bewirkte dunkelgrüne Laubfärbung bleibt auffallend lange erhalten.

Das lange Erhalten der dunkelgrünen Farbe wurde bei italienischem Raygras als Kalimangelerscheinung beobachtet (W. Krüger 89). Besonders deutlich war die dunkelgrüne Verfärbung bei beginnendem Kalimangel an dem Laub von Kartoffeln zu sehen (W. Krüger und G. Wimmer 89). Bei Zuckerrüben und Futterrüben wurde die gleiche Beobachtung gemacht (H. Niklas 122); besonders die Blattadern wiesen eine tief dunkelgrüne Färbung auf (W. Krüger 89; J. Weigert 196; J. Russell 145). Von den Kohlarten zeigte der Weißkohl bei Kalimangel die dunklere Färbung vor allem im Jugendzustande (C. H. Wadleigh 184; G. Wimmer 206). Ähnliche Beobachtungen über die dunkelgrüne Verfärbung der Blätter bei Kalimangel liegen vor bei Raps (J. Weigert 193), Erbse (M. Klinkowski 79), bei Tomaten (M. Klinkowski 79; I. C. Hoffman 69) und Gurken (I. C. Hoffman 69), Erdbeeren (M. B. Davis 35), Obstbäumen (T. H. Blow 15) und Tabak (P. I. Anderson 7; M. Mes 112).

Die Oberfläche der Blätter von Kalimangelpflanzen weist ein stumpfes Aussehen auf, was damit erklärt wird, daß die Oberhautzellen keine oder nur eine sehr schwache Wachsschicht besitzen.

Das Fehlen des Wachsüberzuges ist bei sämtlichen Kohlarten zu beobachten, deren Blätter infolgedessen einen stumpferen Farbton aufweisen als die von normal ernährten Pflanzen (G. Rohde 143).

Die blaugrüne Farbe der Blätter von Kalimangelpflanzen geht vielfach in Violett bzw. Braunrot oder Braun über.



Avena sativa L. · *Phalaris arundinacea* L. · *Dactylis glomerata* L. · *Festuca pratensis* HUDS.

FIG. 1. WEISSFLECKIGKEIT INFOLGE VON KALIMANGEL AUF BLÄTTERN VON GRAMINEEN — TACHES BLANCHES SUR FEUILLES DE GRAMINÉES PAR MANQUE DE POTASSE — WHITE SPOTS ON GRAMINEAE LEAVES DUE TO POTASH DEFICIENCY

Bei Sommergetreide nehmen insbesondere die Blattspitzen eine braunrote Färbung an; bei Hafer z. B. trat eine rötliche Färbung der Blattspitzen bereits nach 8 Tagen auf (E. MÜLLER 116) (Tafel IV). Reis zeigte, nachdem die Blätter zunächst eine dunkelgrüne Farbe gehabt hatten, in einem späteren Stadium eine rötliche Verfärbung an den älteren Blättern (W. SCHROPP 163) (Tafel VII VIII). Bei Tomaten wurde die Purpurfärbung vor allem in den Blattadern festgestellt (G. T. NIGHTINGALE 120). Bei Hopfen tritt eine Rotfärbung vor allem bei den älteren Blättern auf (J. ZATTLER 209). Bei Erdbeeren ist besonders gut die allmähliche Entwicklung der Verfärbung zu beobachten: die anfangs dunkelgrünen Blätter verlieren später ihren Glanz, nehmen einen bronzeartigen Ton an und werden violett, schließlich purpurrot (M. B. DAVIS 35) (Tafel XXXIV).

Auch bei Stachelbeeren wurde die violette Tönung der Blätter vom Blattrande, also dem ältesten Teile des Blattes ausgehend, beobachtet (F. VOGEL 180).

In manchen Pflanzen wird durch starken Kalimangel die Bildung von Chlorophyll stellenweise verhindert und chlorotische Flecken von bleicher gelblicher Farbe treten auf, hauptsächlich zwischen den Adern und am Rande; sie erstrecken sich vom Blattrand bis zur Blattspitze und haben meist eine unregelmäßige Form.

Bei Hafer, wie auch bei Sommerweizen, entstehen unter der Wirkung von Kalimangel längliche weiße Flecke auf den Blättern (Fig. 1) (E. LOWIG 100; M. KLINKOWSKI 79). Die Blätter von Gerste verfärben sich, an den Blattspitzen beginnend, zu Gelb; zuweilen zeigen sich auch weiße Flecke, die in der Mitte

der Blattflächen miteinander verschmelzen (M. KLINKOWSKI 79; H. WEINMANN 197) (Tafel VI). Auf den Blättern von Weizen wurden kleine gelbbraune Flecke festgestellt, die sich allmählich vergrößern (J. WEIGERT 194). Bei Gräsern, wie Rohrglanzgras, Knaulgras, Wiesenschwingel, Timothee, zeigten sich auf den Blättern blaßgrüne, gelbe bis weiße Flecke (H. VON FEILITZEN 44; E. LOWIG 100). Gelbe Verfärbungen wurden bei Zuckerrohr vor allem an den Rändern der unteren Blätter beobachtet (A. LEE, M. MEDALLA und A. DE LUZURIAGA 93; W. KRÜGER 87; J. P. MARTIN 106). Besonders charakteristisch für Kalimangel sind die weißlichen bis gelben Flecke auf den Blättern von Klee (H. VON FEILITZEN 44; J. G. MASCHHAUPT 107; E. LOWIG 100) (Tafel XII XIII).

Eine ähnliche vom Blattrande ausgehende Weißtüpfeligkeit — scharf umgrenzte strichförmige weiße Flecke — tritt bei Luzerne auf (E. HILTNER 61; M. KLINKOWSKI 80; E. TRUOG 172) (Tafel XI). Bei Buschbohnen (VON SEELHORST 150) und Soja (E. LOWIG 101; A. KORNFELD 82; C. B. WILLIAMS 204) äußert sich Kalimangel in einer Verfärbung der Blattränder (Tafel XLVI). Graugelbe Blattspitzen und Ränder zeigen bei der Erbse Kalimangel an (G. VEENSTRA 176). Als charakteristische Kalimangelerscheinung ist das Auftreten bleichsüchtiger heller Flecke auf den Blättern von Tabak anzusehen (M. MES 112; P. J. ANDERSON 6) (Fig. 2) (Tafel LIII).

Die gelben Flecke sind nur eine Vorstufe des Zerfalls des Blattgewebes unter braunschwarzer Verfärbung. Die braunen Flecke zwischen den Blatträndern nehmen schnell an Größe zu; die Blätter vertrocknen dann ohne vorheriges Vergilben mit brauner Farbe. Die Flecke erscheinen zuerst an der Spitze der unteren Blätter, Kalimangel macht sich also an dem ältesten Teile der vorhandenen Blätter bemerkbar. Die Blattadern behalten ihre dunkelgrüne Farbe und zeichnen sich auf den erkrankten Blättern deutlich ab. Es stirbt nicht, wie bei gesunden Pflanzen, ein Blatt nach dem andern ab, sondern manchmal alle Blätter gleichzeitig bis auf die jüngsten. Typisch ist die Neigung der Kalimangelpflanzen zu vorzeitigem Abwerfen der Blätter.

Bei Hafer, Gerste und Weizen (W. KRÜGER 89; H. LUNDEGÅRDH 104; RITTER und KELLER 141; GROH 55) ist eine charakteristische Kalimangelerscheinung das Auftreten von Braunfleckigkeit an den älteren Blättern, die braun, ohne vorherigen Übergang in einen gelben Farbton, vertrocknen (Tafel I). Bei Mais treten gelbliche bis braune Flecke an den Blatträndern und zwischen den Blattadern auf; die Blattspreiten sterben, vom Blattrand beginnend, ab (RITTER und KELLER 141; N. A. PETTINGER 125) (Tafel IX). Kanariengras, welches man als Leitpflanze für Kalimangelerscheinungen betrachten kann (H. LINDEMAN 95), ebenso Raygras (H. VON FEILITZEN 44) zeigen braune Spitzen an den Blättern (Tafel XV), die Blätter vertrocknen ohne Übergang in Gelb mit dunkelbrauner Farbe. Typisch für Kalimangel ist das Braunwerden von Zuckerrohrblättern, die von der Spitze her absterben (T. H. V. D. HONERT 71). Klee hat bei stärkerem Kalimangel graugelbe bis braune Blattspitzen. Die nekrotischen Gewebekomplexe sind bei Inkarnatklee weitgehend desorganisiert, ältere Blätter sterben ab (W. LINDENBEIN 96). Die Lupinen weisen bei Kalimangel auf den Blättern gelbbraune Gewebezerstörungen auf (W. SCHROPP 163), die Blattspitzen sind gebräunt (M. KLINKOWSKI 79). Bei der Luzerne vertrocknen die Blattspitzen ohne vorherigen Übergang in Gelb (M. KLINKOWSKI 79). Vertrocknen unter Gelbbraunfärbung erfolgt an den Blattspitzen und -rändern von Buschbohnen, wo scharf gezeichnete Flecke auftreten (VON SEELHORST 150; J. REINHOLD 134). Unter Bildung grauschwarzer Flecke (Tafel XVI) sterben unter Zerstörung der Gewebe die Blätter der Ackerbohne ab (W. SCHROPP 163). Ein vorheriger Übergang über Graugelb zu Braun vom Rande her findet bei der Erbse statt (G. VEENSTRA 176; M. KLINKOWSKI 79), bei der sich scharf gezeichnete braune Flecke mit starken Gewebezerstörungen entwickeln. Bei Soja (Tafel XVI) entwickelt sich die chlorotische Verfärbung zu schwarz-

braunen Flecken weiter; sie breitet sich vor allem an den Blatträndern aus (E. LOWIG 101; C. B. WILLIAMS 204; W. REMY 140) (Fig. 3). Bei Kohl beginnt die Bildung der braunen Flecke an den unteren älteren Blättern, von wo aus sie sich ausbreiten (G. VIMMER 206; C. H. WADLEIGH 184) (Tafel XLIV). Mangold bildet braune Flecke an den Blatträndern und zwischen den Blattrippen (RITTER und KELLER 141). Bei Buchweizen breiten sich gelbliche Flecke von den Blatträndern her aus und werden dann braun; die normale Rötung des Blattes fällt fort (M. KLINKOWSKI 79). Bei den Kartoffeln (Tafel XX—XXII) zeigen sich bei Kalimangel zwischen den Blattrippen braune Flecke, vor allem auf den ältesten Blättern. Derartige Blätter fallen bald ab, oft ehe sie gänzlich vertrocknet sind; häufig sterben die meisten Blätter gleichzeitig ab.

Das gleichzeitige Absterben mehrerer Blätter ist auch bei Zuckerrüben und Futterrüben (Tafel XVII u. XXIV) als typische Erscheinung des Kalimangels zu beobachten (W. KRÜGER 88; H. NIKLAS 122). Im Gegensatz dazu sterben bei Tomaten (Tafel XXXV) die Blätter unter graugelber Verfärbung ab, ohne sich abzulösen (I. C. HOFFMAN 69; G. NIGHTINGALE 120). Braune nekrotische Flecke treten bei Hopfen vor allem an den älteren Blättern auf, die am stärksten an Kali verarmt sind (J. ZATTLER 209; E. DOERELL 37). Blattkrankheiten sind bei Johannisbeeren (Tafel XXXII), Himbeeren und Stachelbeeren als Folge des Kalimangels festgestellt worden (A. C. SCHOEVERS 162; M. LÖHNIS 99; F. WAGNER 185; TH. REMY und F. WEISKE 139; F. VOGEL 182; T. HOBLYN 64; F. VOGEL 180). Bei Äpfeln schreitet das Vertrocknen der Blätter von der Blattspreite oder von den Blatträndern beginnend allmählich fort (E. J. GILDEHAUS 51) (Tafel XXVII). Rebenblätter zeigen zunächst punktförmige Flecke, die über Gelb in Braunrot übergehen und fast das ganze Blatt überziehen (W. KOTTE 85; A. HERSCHLER 60) (Tafel XXV). Bei der Baumwolle führt Kalimangel zum Auftreten der sogenannten Rostkrankheit, bei der die Blätter unter Rotbraunwerden absterben (D. C. NEAL 118; H. T. MADDUX 105) (Tafel XLVII u. XLVIII). Bei Ölpalmen verfärben sich die älteren Blätter vorzeitig über Gelb zu Braun und sterben dann ab (FICKENDEY 45).



Nicotiana tabacum L.

FIG. 2. TABAKBLATT MIT KALIMANGELFLECKEN

FEUILLE DE TABAC AVEC TACHES DU MANQUE DE POTASSE

TOBACCO LEAF SHOWING SPOTS DUE TO POTASH DEFICIENCY

Außer durch Verfärbung der Blätter und Ausbildung von nekrotischen Flecken macht sich der Kalimangel auch durch eine Veränderung der Form der Blätter bemerkbar. Typisch ist bei den meisten Pflanzen, daß die Blätter eine wellige Oberfläche annehmen und sich krümmen bzw. einrollen. Mit fortschreitendem Kali-

mangel ziehen sich die Blattränder scharf ein, sie zeigen kleine Löcher und erscheinen wie von Ungeziefer zernagt.

Ein Einrollen der Blätter findet sich bei den meisten Getreidearten. Auch Luzerne rollt die Blätter bei Kalimangel ein. Bei Lupine sind die Blätter einwärts gebogen. Die Blätter der Buschbohne verschrumpeln (von SEELHORST 150). Bei Mangold krümmen sich die Blätter nach unten (RITTER und KELLER 141). Blumenkohl zeigt eine Kräuselung der Blattflächen sowie Wölbung nach innen (F. VOGEL 179; C. BLATTNÝ 14) (Tafel XLV). Bei der Kartoffel krümmen sich nicht nur die Blätter im ganzen scharf nach unten (Tafel XX/XXI), sondern die einzelnen Blätter verlieren auch ihre glatte Oberfläche; sie erscheinen gewellt, ihre Adern sind gleichsam eingesunken (W. KRÜGER 89). Bei der Zuckerrübe verursacht Kalimangel ebenfalls eine stark wellige Beschaffenheit der Blätter (W. KRÜGER 89a) (Tafel XVII). Bei der Futterrübe sind die Blätter nach unten gekrümmt, die Blattränder eingezogen (Tafel XXIV) (H. NIKLAS 122). Besonders deutlich zeigen die großen Blätter des Tabaks (Tafel LII/LIII) die runzliche Form der Blattfläche und die charakteristische Krümmung nach unten im Gegensatz zu der glatten Fläche des normal ernährten Tabaks (Fig. 4/5) (G. HÜLSEN 72; P. J. ANDERSON 7; E. GIRAUD 53). Ähnliche Verkrümmungen zeigen die älteren Blätter von Hopfen (Fig. 6) (E. DOERELL 37; J. ZATTLER 209). Bei der Himbeere rollen sich die grau verfärbten Blattränder auf (Fig. 7) (J. R. VAN HAARLEM 56). Ganz ähnliche Verkrümmungen treten auf bei Erdbeeren (M. B. DAVIS 35) (Tafel XXXIV), Reben (W. KOTTE 85; LAGATU und MAUME 91), Grapefruit (Fig. 8) und anderen Citrusarten (H. S. REED 142).

Wenn bei einseitigem N-Überschuß nur relativer Kalimangel herrscht, so sind die Blätter infolge der reichlichen Ernährung mit N zwar von normaler Größe, der Kalimangel kommt aber in ihrer welligen Form zum Ausdruck.

Im allgemeinen bewirkt aber der Kalimangel außer einer Verkrümmung der Blätter meist auch eine Veränderung der Ausmaße der Blattfläche. Vor allem die jüngeren Blätter nehmen mehr und mehr eine spitze schmale Form an, wobei die Blattrippe sich leicht dreht, so daß die Blätter schwach spindelförmig erscheinen.

Getreide weist bei Kalimangel spiralig gewundene Blätter auf. Besonders charakteristisch ist die lanzettförmige, gewundene Form der Blätter bei der Rübe (W. KRÜGER 89). Bei Tabak sind die Blätter bei Kalimangel sehr schmal (G. HÜLSEN 72). Bei Hopfen werden die neu zuwachsenden Blätter immer kleiner (E. DOERELL 37). Bei Kaffee (Tafel LI) werden die einzelnen Blattzweige ungleichmäßig ausgebildet und es kommt zu einem gänzlichen Ausfall einzelner Blätter (G. HELMRICH 59). Apfel- (Tafel XXVII) (J. R. VAN HAARLEM 56) (Fig. 9) und Pflaumenbäume (T. WALLACE 186) zeigen schwache Ausbildung des Laubes und kleine Blätter (J. R. VAN HAARLEM 56). Noch deutlicher ist die schmale, zungenförmige Ausbildung vor allem der jüngeren Blätter bei Pfirsich (J. R. VAN HAARLEM 56) (Fig. 10).

2. *Wurzel*

Da die Pflanze bei Kalimangel ihren Sproß auf Kosten der Wurzeln entwickelt, pflegt die Wurzel durch Mangel an Kali noch stärker geschädigt zu werden als die oberirdische Pflanzensubstanz. Nebenwurzeln werden nur in der Nähe der Wurzelbasis gebildet und nach der Wurzelspitze nehmen Anzahl und Länge der Seitenwurzeln rasch ab. Das Dickenwachstum der Wurzeln wird erheblich beeinträchtigt; das verfügbare Kali wird in den embryonalen Bildungsgeweben der Wurzelspitzen festgehalten, und es können daher in den von den Wurzelspitzen



Glycine hispida MAXIM.

FIG. 3. SOJABOHNE — *Von links nach rechts: fortschreitender Kalimangel*

SOJA — *de gauche à droite: manque progressif de potasse*

SOY-BEAN — *from left to right: progressive potash deficiency*

entfernten Teilen keine neuen Bildungsgewebe entstehen, die durch Zellteilung das Dickenwachstum bewirken. Charakteristisch für Kalimangel ist deshalb auch die schlechte Ausbildung der Speicherorgane. Die Kalimangelwurzeln weisen im Gegensatz zu durch andere Einflüsse geschädigten Wurzeln eine stumpfweiße bis braune Farbe auf und zeigen eine erhebliche Neigung zur Wurzelfäule.

Die Wirkung des Kalimangels auf die Wurzelbildung ist in Wasserkulturen deutlich nachzuweisen (W. SCHROPP 164). Mais in Kalimangellösung zeigte eine sehr starke Verminderung der Zahl der Nebenwurzeln. Bei Freilandversuchen zu Gerste ergab sich eine außerordentliche Verringerung der Ausbildung der Wurzelhaare als Folge von Kalimangel (J. GÖRBING 54) (Fig. 11). Bei Mais bewirkte Kalimangel eine schwache Ausbildung der Wurzeln und daher geringe Standfestigkeit der Pflanze (N. A. PETTINGER 125) (Fig. 12). Bei Zuckerrohr wurde Wurzelfäule (J. P. MARTIN 106) und vergrößerte Neigung zur Bildung von Luftwurzeln (Fig. 13) (C. HARTT 58; A. LEE, M. MEDALLA und A. DE LUZURIAGA 93) als Folge von Kalimangel beobachtet. Die Sojabohne entwickelt bei Kalimangel nur in der Nähe der Wurzelbasis sehr wenige und sich leicht zersetzende Wurzeln (J. N. GINSBURG 52). Das Wurzelsystem der Lupine ist bei Kalimangel schleimig (W. SCHROPP 163). Bei der Erbse ist der Knöllchenansatz nur gering (W. SCHROPP 163). Das Wurzelsystem von Tabak ist bei Kalimangel schlecht ausgebildet (W. SCHROPP 163; M. MES 112). Bei der Baumwolle äußert sich Kalimangel in einer braunen oder schwarzen Verfärbung der wasserleitenden Gefäße der Wurzeln (D. C. NEAL 118) (Fig. 14). Das Fleisch der Zuckerrüben weist bei Kalimangel zunächst eine gelbliche Färbung auf und färbt sich rasch dunkel (Tafel XVIII). Die Rüben haben nur geringes Dickenwachstum (W. KRÜGER 88; J. RUSSELL 145). Auch Futterrüben bilden nur wenig Rübenkörper und haben Neigung zur Schwarzfäule (H. NIKLAS 122). Ebenso ist bei roten Rüben das Dickenwachstum stark beeinträchtigt (L. G. SCHERMERHORN und W. R. ROBBINS 158), (Fig. 15), und auch bei Rettich beeinträchtigt im Gegensatze zum Mangel an den anderen Nährstoffen der Kalimangel besonders die Entwicklung der Wurzeln (S. F. THORNTON 168).

Noch stärker als bei einjährigen Pflanzen wirkt der Kalimangel auf die Wurzelentwicklung mehrjähriger Gewächse. Sowohl in der Größe des Wurzelsystems, wie vor allem auch in der Lebensfähigkeit der Wurzeln bilden sich von Jahr zu Jahr stärker in Erscheinung tretende Schädigungen durch Kalimangel aus. Das Wurzelsystem von in Wasserkultur gezogenen Weidenstecklingen war in der Kalimangellösung viel

weniger verzweigt als in der vollständigen Nährlösung (T. WALLACE 189). Bei Reben wurde nicht nur die Größe, sondern auch die Lebensfähigkeit des Wurzelsystems vom dritten Jahre an durch Kalimangel ganz erheblich beeinträchtigt (W. KOTTE 85; E. SCHAFFNIT und A. VOLK 155).

3. Blüte und Frucht

Kalimangel äußert sich bei der Ausbildung der Frucht in erster Linie mengenmäßig, d. h. dadurch, daß weniger und häufig auch kleinere Früchte gebildet werden, damit die einzelne Frucht einen genügenden Gehalt an Kali mitbekommen kann. Die Pflanze ist in der Lage, den Gehalt des Samens an Mineralstoffen auch bei wechselnden Ernährungsverhältnissen weitgehend konstant zu erhalten. Die Keimkraft der Saat wird bei starkem Kalimangel in Mitleidenschaft gezogen.

Bei Getreide unterbleibt bei starkem Kalimangel die Kornbildung völlig. „Ohne Kali kein Korn" ist eine Beobachtung, die dem Praktiker geläufig ist. Roggen weist dann z. B. taube, kurze Ähren auf, Hafer zeigt die Erscheinung der Flissigkeit (B. RADEMACHER 132; W. SAUERLAND 146). Kommt es bei schwächerem Kalimangel zur Kornbildung, so ist der Kaligehalt der einzelnen Körner der gleiche wie bei ausreichender Kaliversorgung (A. JACOB 73). Die Körner enthalten dagegen weniger Stärkemehl; sie haben ein geringeres Korngewicht. Bei schwachem Kalimangel ist das Verhältnis von Korn zu Stroh verschoben; die Ähren sind kleiner und haben eine fischbauchähnliche Form. Bei Mais ist die Kolbenausbildung lückenhaft, die Körner sind ungleichmäßig und ungenügend entwickelt (G. ROHDE 144). Bei den Gräsern ist gleichfalls bei Kalimangel eine kümmerliche Ausbildung der Samen festzustellen (F. AUMÜLLER 10) (Fig. 16). Sehr stark auf Kalimangel reagiert durch verminderten Fruchtansatz die Pferdebohne, bei ungenügender Versorgung mit Kali bildet sie nur wenige kleine Körner in ihren Hülsen (JENTSCH 75; W. BRUNS 27). Ebenso bildet die Sojabohne nur kleine schmale Hülsen mit wenigen verkümmerten Samen, die zur Notreife gelangen (C. B. WILLIAMS 204; A. KORNFELD 82) (Fig. 17); dasselbe ist der Fall bei der Buschbohne (J. REINHOLD und M. SCHMIDT 134). Bei der Erbse sind die Früchte sehr hartschalig (C. B. SAYRE und B. N. NEBEL 147), auf den Innenseiten der gespaltenen Körner treten braune Flecke auf (bad hearts) (L. DE BRUYN 28). Die Gurke bildet unter dem Einflusse von Kalimangel Früchte von charakteristisch spitzer Form, bedingt durch unregelmäßigen Ansatz der Samenkörner (Fig. 18) (J. C. HOFFMANN 69). Bei der Tomate sind die einzelnen Früchte klein, ihre Form ist eckig, sie platzen leicht (Fig. 19) (J. C. HOFFMANN 69). Bei der Melone ist das Platzen der Früchte als Folge von Kalimangel häufig festzustellen (M. CASALIS 31) (Fig. 20). Buchweizen zeigt bei Kalimangel zwar reichlichen Blütenansatz, die Fruchtbildung ist aber nur gering (W. SCHROPP 163). Bei Baumwolle sind die Blütenstengel dünn, die Kapseln bleiben klein und öffnen sich ungenügend. Die Fasern sind kurz und wenig gedreht, die Samen haben einen geringen Ölgehalt (H. T. MADDUX 105) (Fig. 21). Bei Hopfen sind die Dolden nur schlecht entwickelt (E. DOERELL 37). Bei Obstbäumen, wie z. B. Äpfeln, kann der Blütenansatz und das Austreiben der Knospen durch Kalimangel beschleunigt werden, so daß reichlicher Fruchtansatz erfolgt; die Früchte bleiben aber klein und neigen zum vorzeitigen Abfallen (G. A. COWIE 34). Bei Citrus bewirkt der Kalimangel Ausbildung einer dicken rauhen Fruchtschale (Tafel XXX), die Frucht ist wenig fleischig (H. S. REED 142). Bei den Reben (Tafel XXV) erfolgt das Reifen der Beeren ungleichmäßig (LAGATU u. MAUME 91), die Reife ist gegenüber normal ernährten Reben verzögert. Bei Stachelbeeren werden nur kleine Früchte mit wenig Fruchtfleisch ausgebildet (F. VOGEL 180). Die Früchte sind nicht transparent. Bei Erdbeeren ist bei Mangel an Kali der Beerenansatz gering (M. B. DAVIS und H. HILL 35).

4. Trachtenbild

Die durch Kalimangel bewirkten morphologischen Veränderungen kommen im gesamten Habitus der Pflanze zum Ausdruck. In der Jugendentwicklung machen sich diese noch nicht auffällig bemerkbar, da die Pflanze mit den vorhandenen Mengen Kali haushälterisch umgeht und diese in erster Linie zu den Funktionen heranzieht, die mit dem Aufbau des Pflanzenkörpers in Verbindung stehen. Die Pflanze nutzt das verfügbare Kali zuerst für die Blätter aus, da es hier für die Assimilation bzw. Bildung organischer Substanz lebensnotwendig ist. In anderen Funktionen kann das Kali bis zu einem gewissen Grad durch andere Kationen (Natrium) ersetzt werden. Vorausgesetzt, daß genügende Mengen von Stickstoff und anderen Pflanzennährstoffen zugegen sind, kommt es daher bei schwachem Kalimangel im Jugendstadium unter Umständen sogar zu einer besonders üppigen Entwicklung von Kraut- und Blattwerk, die vortäuschen könnte, als ob Kalimangel in diesem Stadium die Entwicklung der Pflanze begünstige. Dieser Eindruck hält bei der weiteren Entwicklung nicht vor. Die Pflanzen bleiben dann im Wachstum zurück, die Stengelteile sind verkürzt, so daß die Pflanze eine gestauchte Form annimmt. Die einzelnen Blätter sind näher aneinandergerückt, die jüngeren Blätter vielfach zwerghaft verkümmert. Die Blätter sind flattrig, hängen schlaff herunter, und das ganze Aussehen macht einen schwächlichen, kraftlosen Eindruck. Die älteren Blätter fallen vorzeitig ab, die Pflanze sieht sparrig und vertrocknet aus.

Die Strohentwicklung wird bei Getreide durch schwachen Kalimangel nicht beeinträchtigt (Köstlin 83). Bei stärkerem Kalimangel bleibt dagegen auch das Wachstum des Strohes infolge Verkürzung der Internodien (Tafel III) zurück. Die Blätter der niedrigen Halme hängen infolge Turgorstörungen schlaff herunter, wie z. B. bei Roggen (W. Schropp 163), die Halme sind dünn und wenig kräftig. Die Bestockung ist geringer; es besteht Neigung zur Bildung von Nachtrieben (H. Weinmann 197; W. Schieck 159). Eine schwache Entwicklung bei fehlender Turgeszenz zeigen auch Raygras, Timotheegras und Kanariengras (H. von Feilitzen 44; H. Lindeman 95). Die Blätter sind hier zum Erdboden gekrümmt. Lein (Fig. 22) ebenso wie Hanf (Fig. 23) zeigen bei Kalimangel eine typische niedrige, gestauchte Wuchsform. Der Mais weist geringe Halmfestigkeit auf, die Halme brechen bei stärkerem Winddruck; die Blätter hängen schlaff herab (N. A. Pettinger 125; W. Schropp 163). Das Zuckerrohr zeigt Wachstumsverzögerung, die Internodien sind stark verkürzt (C. Hartt 58) (Fig. 24). Bei der Zuckerrübe erfolgt im Jugendstadium bei Kalimangel zunächst eine übermäßige Entwicklung der Blätter (W. Krüger 88). Im späteren Entwicklungsstadium sind die Stengel verkürzt. Die großen flattrigen Blätter hängen schlaff nach unten und faulen leicht. Die untersten Blätter sterben in großer Zahl gleichzeitig ab und umlagern sternförmig die Rübe. Das für Kalimangel charakteristische Bild kehrt auch bei der Futterrübe (Tafel XXIV) (H. Niklas 122; J. Russell 145) und Roten Rübe (L. G. Schermerhorn und W. R. Robbins 158) wieder. Rüben, wie auch Zichorie schossen leichter, wenn sie an Kali Mangel leiden (Fig. 25) (E. Claus 32; E. Müller 116; A. Wetzel 200). Bei Kartoffeln zeigen sich die Kalimangelerscheinungen in Gestalt von schwachem Auflaufen verhältnismäßig früh, was als Zeichen dafür anzusehen ist, daß der Kaligehalt der Kartoffelknollen von der wachsenden Pflanze anscheinend nicht genügend ausgenutzt werden kann, wenn nicht für dauernde Kalizufuhr aus der Bodenlösung gesorgt ist (F. Merkenschlager 111;



Nicotiana tabacum L.

FIG. 4. WÖLBUNG UND EINROLLEN DER BLÄTTER VON TABAK BEI KALIMANGEL

COURBURE ET ENROULEMENT DES FEUILLES DE TABAC PAR MANQUE DE POTASSE

CURVATURE AND INWARD CURLING OF TOBACCO LEAVES DUE TO POTASH DEFICIENCY

W. KRÜGER und G. WIMMER 89; G. ROHDE 143). In der späteren Entwicklung sind die Kartoffelstauden gestaucht, die Stengelteile zwischen den einzelnen Blättern sind verkürzt, die einzelnen Blätter näher aneinander gerückt. Die Stauden bleiben niedrig, der Blattansatz ist gering. Nach diesen anfänglichen Wachstumshemmungen tritt ein vorzeitiges Absterben der älteren Blätter ein, so daß die Pflanzen ein sparriges Aussehen zeigen (TH. REMY und H. LIESEGANG 137) (Tafel XXII). Tabak bildet bei Kalimangel kleine Pflanzen von kümmerlichem Wuchs aus (Tafel LII), die Blätter hängen schlaff herunter, die Stengel sind hohl (E. SCHAFFNIT und A. VOLK 154). Bei den Leguminosen, Klee (J. G. MASCHHAUPT 107), Pferdebohne (JENTSCH 75; W. BRUNS 27), Buschbohne (W. SCHROPP 163), Erbse (G. VEENSTRA und L. DYKHUIS 176) wird ebenfalls über Wachstumshemmungen und klein bleibenden Wuchs als Folge des Kalimangels berichtet. Bei Weißkohl bleiben die Köpfe klein und haben eine charakteristische lockere und flache Form (Fig. 26) (C. H. WADLEIGH 184). Bei Blumenkohl sind die Blüten locker, von Blättern durchwachsen und grau verfärbt (Fig. 27) (C. BLATTNÝ 14).

Bei den Obstbäumen bleibt die Entwicklung der Triebe zurück, die Sommertriebe trocknen schon im Juni von der Krone aus ein, was den Bäumen ein charakteristisches Aussehen verleiht; das Absterben schreitet von den Triebspitzen nach unten fort (G. A. COWIE 34). Bei der Pflaume wird über unvollkommenen Frühjahrstrieb sowie schlechte Holz- und Triebentwicklung berichtet (T. WALLACE 186), bei den Kirschen über frühzeitigen Triebabschluß (F. VOGEL 181), bei Äpfeln über schwache Entwicklung der Triebe, die aber auffällig lang sind und abgestorbene Triebspitzen zeigen (T. WALLACE 187). Verbrannte Triebspitzen treten auch bei Citrusarten, z. B. Mandarine, auf (F. REICHERT und J. PERLEBERGER 133) (Fig. 28). Bei der Stachelbeere fallen die Blätter leicht ab, so daß Ende September vollständig kahle Zweige dastehen (F. VOGEL 180) (Tafel XXXIII). Das Abfallen der Blätter gibt auch bei Baumwolle den Kalimangelparzellen ein charakteristisches Aussehen (Fig. 29) (H. T. MADDUX 105; D. C. NEAL 118). Bei Reben kommt es zu einem schlaffen Herabhängen der Blätter, die bei der leichtesten Berührung abfallen (W. KOTTE 85). Die Triebe der Reben sind nur sehr schwach entwickelt. Bevor der Kalimangel in der Triebstärke zum Ausdruck kommt, ist er schon in der Anlage der Augen zu erkennen (Fig. 30). Auffallend ist die schwache Holzentwicklung der Reben (E. SCHAFFNIT und A. VOLK 155). Bei gleichzeitiger ausreichender Versorgung mit anderen Nährstoffen zeigt sich die Wirkung eines relativen Kalimangels darin, daß zwar das vegetative Wachstum noch gut war, daß aber die Traubenbildung stark eingeschränkt wurde (LAGATU und MAUME 91).

5. Innerer Aufbau

Das Schlaffe der Kalimangelpflanzen ist anatomisch bedingt durch eine mangelhafte Ausbildung des Stützgewebes, also der verholzten und bei den Monokotylen der sklerotischen Elemente. Die mechanischen Elemente werden bei Kalimangelpflanzen infolge ihres in den ersten Stadien des Kalimangels nur wenig verringerten Blattapparates stark beansprucht, so daß das Verhältnis Leistungsfähigkeit : Beanspruchung verschlechtert ist.



Nicotiana tabacum L.

FIG. 5. TABAKBLÄTTER BEI AUSREICHENDER KALIERNÄHRUNG

FEUILLES DE TABAC AVEC ALIMENTATION SUFFISANTE EN POTASSE

TOBACCO LEAVES FROM PLANTS ADEQUATELY SUPPLIED WITH POTASH

Bei Hafer äußert sich Kalimangel in einer sehr schwachen Ausbildung der Festigungsgewebe (Fig. 31) (F. ALTEN und G. GOEZE 3). Die Epidermiszellen und die Sklerenchymfaserzellen weisen ein ziemlich großes Lumen auf und besitzen eine verhältnismäßig schwache Wandung. Auch die Zellen der Gefäßbündelscheide und der Markgefäße sind sehr schwachwandig und fallen als Stützorgane vermutlich ganz aus. Noch ungünstiger liegen die Verhältnisse bei den Gefäßen, die im Sklerenchymring angeordnet sind. Die an sie angrenzenden Sklerenchymzellenwände weisen keine besondere Verstärkung auf, vielmehr ist zu beiden Seiten der Gefäße noch Parenchymgewebe angeordnet, wodurch eine Schwächung der Halmwandung entsteht. Bei Gerste, deren anatomischer Aufbau im allgemeinen schwächer als der von Hafer ist (P. STUCH 165; W. ACKER 1; F. ALTEN und G. GOEZE 3), fällt besonders das große Lumen der Epidermis- und Sklerenchymzellen auf. Die Wände der Zellen sind schwach entwickelt. Die Zellwände der Gefäßbündelscheiden sind nur schwach verdickt. Die Sklerenchymschicht ist stark aufgelockert und überdies sehr schmal. Bei Flachs sind bei Kalimangel die Fasern dünnwandig, weitlumig und von ovaler Form. Die Bündel sind stark zerklüftet und bestehen oft aus nur zwei Zellschichten. Der Verband der Fasern und Bündel ist sehr schlecht, da die Fasern ziemlich abgerundet sind (F. TOBLER 170; F. ALTEN und G. GOEZE 4). Auch bei der Kartoffel werden bei Kalimangel viele Gefäßbündelgruppen nur schwach ausgebildet (VON BREHMER 23; F. TOBLER 171). Das Collenchym ist schwach und großzellig, das Rindenparenchym weist großmaschige Zellen auf, der Bast ist schwach ausgebildet, die Markstrahlen sind wenig kräftig (Fig. 32). Bei Holzgewächsen, wie Reben (E. SCHAFFNIT und A. VOLK 155) und Weiden (H. ULBRICHT 175), ergibt sich als Kennzeichen für Kalimangel großzelliges, verhältnismäßig dünnwandiges Holz. Die Stengelquerschnitte zeigen bei Kalimangel sehr großes Mark und wenig Holz; die Stecklinge von derartigen Reben sind für Veredelung unbrauchbar (Fig. 33). Wurzelquerschnitte von Reben weisen ebenfalls bei Kalimangel großzelliges, dünnwandiges Holz auf (E. SCHAFFNIT und A. VOLK 155) (Fig. 34). Bei der Erbse bilden sich bei kaliarmer Nährlösung und relativem Kalküberschuß in den Samenschalen kurze Palisadenzellen aus, die zähe verholzt sind, während bei

genügender Kaliernährung die Zellen einen mehr jugendlichen Charakter haben (C. B. SAYRE und B. N. NEBEL 147).

Besonders geeignet, Einblick in die Erscheinungsform des Kalimangels zu geben, ist das mikroskopische Studium der an den Kalimangelpflanzen auftretenden Flecke.

Bei Gräsern (Dactylis glomerata u. a.) begann die an Kalimangelpflanzen zu beobachtende Zellentartung meist im chlorophyllführenden Parenchym (W. LINDENBEIN 96). Die meisten nekrotischen Zellgruppen stehen bereits in sehr frühem Stadium irgendwie mit den Leitbündeln in Verbindung und geraten in Kontakt mit anderem Gewebe. Vor allem ist es die Epidermis, die fast ausnahmslos von den nekrotischen Zellkomplexen erreicht und in Mitleidenschaft gezogen wird. In den meisten Fällen dehnen sich die kranken Zellpartien auch in die Tiefe aus und werden dann oben und unten von den Epidermiszellen, von den Seiten des Blattes her, von den Leitbündeln begrenzt. Da die Epidermiszellen stets mit beschädigt sind, besteht das ganze zwischen den Rippen liegende Blattstück aus nekrotischen Zellen. Während in der Querrichtung die maximale Ausdehnung der Flecke durch den Abstand der Blattrippen gegeben ist, liegt in der Längsrichtung keine Begrenzung vor. Die nekrotischen Komplexe weisen in ihrer Textur große, länglich-ovale Hohlräume auf, während das angrenzende gesunde Gewebe aus regelmäßigen rundlichen Zellen besteht. Das Mesophyll ist stark zusammengesunken (Fig. 35); die Dicke des Blattes geht bei stark fortgeschrittener Degeneration dadurch um 30% zurück. Obgleich die gesunden und kranken Teile des Parenchyms anscheinend übergangslos aneinandergrenzen, sind die benachbarten Zellen doch auch bereits in Mitleidenschaft gezogen. Es treten hier die ersten Vorstufen plasmolytischer Vorgänge auf, indem der Zellinhalt (Plasma, Kern und Plastiden) eine homogene Masse bildet.

Die bei Inkarnatklee auftretenden weißen Flecke zeigen ein entsprechendes Bild. Auch hier zeigen Epidermis und Mesophyll die Erscheinung in stärkstem Maße. In den meisten Fällen sind Palisadenparenchym und anschließende Epidermis in gleicher Weise degeneriert. Da im Laubblatt der Dicotyledonen das mechanische Gewebe nicht durch den ganzen Querschnitt ausgespannt ist, findet sich keine Begrenzung auf einzelne Interkostalfelder; der ununterbrochene Verlauf des Palisadenparenchyms ermöglicht es, daß die Nekrose über die Blattrippen hinweggreift. Ein Zusammensinken des Blattquerschnittes ist hier ebenfalls zu bemerken.

Bei Zuckerrohr (T. H. v. D. HONERT 71) zeigt sich, wenn man die Mittelader an der Stelle der Blattflecke durchschneidet (Fig. 36), daß die auf Kalimangel zurückzuführenden Flecke und Verfärbungen (Tafel I) nur auf die obere Hälfte der Hauptblattader beschränkt sind. Bei Verfärbungen, die bis in die unteren Parenchymzellen der Blattrückseite durchreichen, handelt es sich nicht um Kalimangel. Schneidet man die Hauptader von unten ungefähr dreiviertel durch, knickt an dieser Stelle das Blatt nach oben um und löst einige Schichten der Sklerenchymzellen auf einige Zentimeter ab, so findet man bei Untersuchung derselben bei Kalimangel an der Stelle der Blattflecken eigentümlich gelblich bis dunkelbraunrot gefärbte gummiartige Gebilde in den Epidermiszellen, die von einem Aufschwellen der Zellwand herzurühren scheinen. Bei geringem Kalimangel formen diese Gebilde kleine regelmäßige Kügelchen in den Epidermiszellen. Bei starkem Kalimangel zeigen die gummiartigen Gebilde ein wenig regelmäßiges Bild.

Signes extérieurs et altérations de la morphologie interne

1. Feuille

Tandis que les plantes peuvent régulariser la composition des fruits, comme aussi des organes de réserve et des tissus de soutien, il y a dans les feuilles, où doivent s'élaborer les matières nutritives absorbées, de larges variations. Les matières nutritives du sol ne sont pas absorbées par la plante dans la proportion dont celle-ci a finalement besoin, mais comme le permet la composition des solutions du sol, et il n'est pas surprenant que par suite de ces grandes variations dans la composition des feuilles apparaissent des signes de déficience particulièrement nets.

Le commencement du manque de potasse se montre aux feuilles par l'apparition d'une couleur vert-bleuâtre. La feuille d'une plante qui commence à manquer de potasse ressemble, par la coloration, à la feuille d'une plante suralimentée en azote (tableau XXI).

La coloration vert sombre due au manque de potasse se maintient assez longtemps.

La production lente d'une couleur vert sombre fut observée sur le ray grass d'Italie comme signe de manque de potasse (W. KRÜGER 89). Le changement de couleur vers le vert sombre fut spécialement net à voir dans le feuillage des pommes de terre (W. KRÜGER et G. WIMMER 89). Sur betteraves sucrières et fourragères, même observation fut faite (H. NIKLAS 122); spécialement les nervures montrèrent une coloration vert sombre profonde (W. KRÜGER 89; J. WEIGERT 196; J. RUSSELL 145). Parmi les choux, c'est le chou blanc qui montra, par manque de potasse, la plus sombre coloration à l'état de jeune plante (C. H. WADLEIGH 184; G. WIMMER 206). Des observations analogues sur la coloration vert sombre des feuilles par manque de potasse sont présentées pour les raves (J. WEIGERT 193), les pois (M. KLINKOWSKI 79), les tomates (M. KLINKOWSKI 79; I. C. HOFFMAN 69), les concombres (I. C. HOFFMAN 69), les fraisiers (M. B. DAVIS 95), les arbres fruitiers (T. H. BLOW 15), et pour le tabac (P. J. ANDERSON 7; M. MES 112).

La face supérieure des feuilles de plantes manquant de potasse présente une surface mate, ce qui s'explique par le fait que les cellules épidermiques n'ont qu'une couche céroïde nulle ou très frêle.

Le défaut d'une couche céroïde sur les feuilles est observé chez les diverses sortes de choux, dont les feuilles présentent par suite une teinte plus sombre que celles des plantes normalement nourries (G. ROHDE 143).

La couleur vert-bleu des feuilles de plantes manquant de potasse tourne parfois au violet, ou au rouge-brun, ou au brun (tableau XXXIX).

Chez les céréales d'été, les pointes des feuilles ont une coloration brun rouge; pour l'avoine par exemple une coloration rougeâtre apparût après huit jours (E. MÜLLER 116) (tableau IV). Le riz montra,



Humulus lupulus L.

FIG. 6. UNTERER TEIL EINER HOPFENPFLANZE BEI KALIMANGEL

Die Kalimangelerscheinungen beginnen bei den ältesten Blättern

PARTIE BASSE D'UNE PLANTE DE HOUBLON AVEC MANQUE DE POTASSE

Les signes de manque de potasse commencent par les feuilles les plus vieilles

LOWER PART OF A HOP PLANT SUFFERING FROM POTASH DEFICIENCY

The symptoms appear first on the older leaves

après que les feuilles aient d'abord eu une couleur vert sombre, à un stade plus avancé, une coloration rougeâtre des plus vieilles feuilles (W. SCHROPP 163) (tableau VII/VIII). Chez les tomates la coloration pourpre fut reconnue avant tout dans les nervures des feuilles (G. T. NIGHTINGALE 120). Pour le houblon, la coloration rouge se montre d'abord aux plus vieilles feuilles (J. ZATTLER 209). Chez le fraisier il faut observer spécialement le développement de la coloration, les feuilles d'abord vert sombre perdent ensuite leur éclat, prennent un ton bronzé et deviennent violettes, et enfin rouge pourpre (M. B. DAVIS 35) (tableau XXXIV).

Aussi chez le groseiller épineux fut observé le virage au violet des feuilles, à partir du bord, et aussi des parties les plus vieilles (F. VOGEL 180).

Dans beaucoup de plantes la formation de chlorophylle est contrariée, localement, par un fort manque de potasse et des taches chlorotiques de couleur jaunâtre pâle se montrent, principalement entre les nervures et aux bords; elles s'étendent du bord à la pointe et ont surtout une forme irrégulière.

Chez l'avoine, comme aussi chez les céréales d'été, apparaissent sous l'action du manque de potasse des taches blanches allongées sur les feuilles (fig. 1) (E. LOWIG 100; M. KLINKOWSKI 79). Les feuilles d'orge se colorent en jaune, en commençant par la pointe et des taches blanches se foncent et se rejoignent dans le milieu des feuilles (M. KLINKOWSKI 79; H. WEINMANN 197) (tableau VI). Sur les feuilles de blé furent constatées des petites taches jaune brun qui s'agrandissent simultanément (J. WEIGERT 194). Chez les graminées, comme phalaris, dactyle, fétuque, ou fléole se montrent sur les feuilles des taches vert pâle, jaunes ou blanches (H. VON FEILITZEN 44; E. LOWIG 100). Des colorations jaunes furent notées pour la canne à sucre en premier lieu aux bords des feuilles inférieures (A. LEE, M. MEDALLA et A. DE LUZURIAGA 93; W. KRÜGER 87; J. P. MARTIN 106). Les taches du blanchâtre au jaune sur les feuilles de trèfle sont spécialement caractéristiques (H. VON FEILITZEN 44; J. G. MASCHHAUPT 107; E. LOWIG 100) (tableau - - XII/XIII).

Une chlorose analogue partant des bords, avec taches blanches nettement délimitées, apparait sur la luzerne (E. HILTNER 61; M. KLINKOWSKI 80; E. TRUOG 172) (tableau XI). Chez le haricot (V. SEELHORST 150) et le soja (E. LOWIG 101; A. KORNFELD 82; C. B. WILLIAMS 204), le manque de potasse se traduit par une décoloration des bords des feuilles (tableau XLVI). Les pointes et les bords des feuilles jaune gris



Rubus idaeus L.

FIG. 7. HIMBEERBLÄTTER
Links: ausreichende Kaliversorgung
Mitte und rechts: Kalimangel

FEUILLES DE FRAMBOISIER
à gauche: alimentation suffisante en potasse
au milieu et à droite: manque de potasse

RASPBERRY LEAVES
on left: sufficient potash
in centre and on right: potash deficiency

indiquent chez le pois un manque de potasse (G. VEENSTRA 176). De même chez le tabac l'apparition de taches pâles, claires, sur les feuilles est caractéristique pour le manque de potasse (M. MES 112; P. J. ANDERSON 6) (fig. 2) (tableau LIII).

Les taches jaunes ne sont qu'un premier degré de la destruction du tissu de la feuille avec coloration brun-noir. Les taches brunes, entre les bords des feuilles, s'étendent vite; les feuilles se dessèchent alors avec coloration brune sans jaunissement préalable. Les taches apparaissent d'abord à la pointe des feuilles les plus basses, le manque de potasse devient apparent aussi aux parties les plus vieilles des feuilles existantes. Les nervures des feuilles conservent leur couleur vert sombre et se dessinent nettement sur les feuilles malades. Il ne meurt pas une feuille après l'autre comme dans les plantes saines, mais parfois toutes meurent ensemble, y compris les plus jeunes. La tendance est typique, chez les plantes qui manquent de potasse, à une chute anticipée des feuilles.

Chez l'avoine, l'orge et le blé (W. KRÜGER 89; H. LUNDEGARDH 104; RITTER et KELLER 141; GROH 55) un signe caractéristique de manque de potasse est l'apparition des taches brunes sur les plus vieilles feuilles, qui sèchent brunes, sans passage par des tonalités jaunes (tableau I). Chez le maïs apparaissent des taches du jaunâtre au brun aux bords des feuilles et entre les nervures; les feuilles dépérissent, à partir des bords (RITTER et KELLER 141; N. A. PETTINGER 125) (tableau IX). L'alpiste qu'on peut considérer comme plante typique pour les signes de manque de potasse (H. LINDEMAN 95), et aussi le ray grass (H. VON FEILITZEN 44) montrent des pointes brunes aux feuilles (tableau XV), les feuilles dessèchent, sans passages au jaune, avec une couleur brun sombre. Le brunissement des feuilles de canne à sucre, suivi de dépérissement à partir de la pointe est typique du manque de potasse (T. H. V. D. HONERT 71). Le trèfle a, par fort manque de potasse, des pointes de feuilles du jaune gris au brun. Les tissus du trèfle incarnat se nécrosent et sont désorganisés, les feuilles les plus vieilles dépérissent (W. LINDENBEIN 96). Les lupins présentent sur les feuilles des taches de destruction des tissus (W. SCHROPP 163), les pointes des feuilles sont brunies (M. KLINKOWSKI 79). Chez la luzerne les pointes des feuilles sèchent sans jaunissement préalable (M. KLINKOWSKI 79). La dessiccation avec coloration jaune brun se produit sur les pointes et les bords des feuilles de haricot nain, avec des taches très bien délimitées (VON SEELHORST 150; J. REINHOLD 134). Les feuilles des haricots des champs dépérissent par destruction de leur tissu en formant des taches gris noir (W. SCHROPP 163) (tableau XVI). On observe chez les pois un passage du jaune gris au brun à partir du bord des feuilles où se montrent des taches brunes exactement délimitées, avec de fortes destructions de tissus (G. VEENSTRA 176; M. KLINKOWSKI 79). Chez le soja (tableau XVI) la décoloration chlorotique évolue vers des taches brun noir, elle s'étend tout d'abord aux bords des feuilles (E. LOWIG 101; C. B. WILLIAMS 204; W. REMY 140) (fig. 3). Chez le chou la formation des taches brunes commence par les feuilles basses et anciennes, d'où elle se propage (G. WIMMER 206; C. H. WADLEIGH 184) (tableau XLIV). La bette forme des taches brunes aux bords des feuilles et entre les nervures des feuilles (RITTER et KELLER 141). Chez le sarrazin des taches jaunâtres partent des bords des feuilles et brunissent; la coloration normale des feuilles en rouge ne se produit pas (M. KLINKOWSKI 79). Chez les pommes de terre (tableau XX à XXII), des taches brunes apparaissent entre les nervures des feuilles par manque de potasse, surtout pour les plus vieilles feuilles. Les feuilles de cette nature tombent bientôt, souvent avant d'être entièrement desséchées, souvent aussi la plupart des feuilles dépérissent simultanément.

Ce même dépérissement simultané de plusieurs feuilles peut être observé aussi comme un signe typique de manque de potasse chez les betteraves sucrières et fourragères (tableau XVII et XXIV) (W. KRÜGER 88; H. NIKLAS 122). Par contre, chez la tomate les feuilles dépérissent en se colorant en jaune gris, sans se détacher (I. C. HOFFMAN 69; G. NIGHTINGALE 120) (tableau XXXV). Des taches brunes nécrotiques se montrent chez le houblon d'abord sur les vieilles feuilles qui sont le plus appauvries en potasse (J. ZATTLER 209; E. DOERELL 37). On a constaté comme suite du manque de potasse, des maladies de feuilles de groseiller à grappe (tableau XXXII), de framboisier, et de groseiller épineux (A. C. SCHOEVERS 162; M. LÖHNIS 99; F. WAGNER 185; TH. REMY et F. WEISKE 139; F. VOGEL 182; T. HOBLYN 64; F. VOGEL 180). Sur le pommier la dessiccation des feuilles progresse lentement à partir du point d'attache ou des bords (E. J. GILDEHAUS 51) (tableau XXVII). Sur les feuilles de vigne apparaissent des taches punctiformes d'abord jaune rouge brun et qui s'étendent presque sur toute la surface de la feuille (W. KOTTE 85; A. HERSCHLER 60) (tableau XXV). Chez le coton le manque de potasse conduit à l'apparition de la maladie appelée rouille, où les feuilles dépérissent en se colorant en brun rouge (D. C. NEAL 118; H. T. MADDUX 105) (tableau XLVII - XLVIII). Chez le palmier à huile, les vieilles feuilles se décolorent prématurément, du jaune au brun et dépérissent ensuite (FICKENDEY 45).

En outre du changement de coloration des feuilles et de la formation de taches nécrotiques, le manque de potasse se montre aussi par une déformation des feuilles.

Il est typique chez la plupart des plantes que les feuilles montrent une surface ondulée et se frisent ou s'enroulent. Avec manque progressif de potasse, les bords des feuilles se plissent, elles montrent de petits trous et semblent comme rongées par des parasites.

On trouve un enroulement des feuilles chez la plupart des céréales. Chez la luzerne il y a aussi enroulement des feuilles par manque de potasse. Chez le lupin, les feuilles sont recourbées en dessus. Les feuilles des haricots nains se recroquevillent (VON SEELHORST 150). Chez la bette, les feuilles se recourbent vers le dessous (RITTER et KELLER 141). Le chou-fleur montre une ondulation de la surface des feuilles qui se recourbent vers l'intérieur (F. VOGEL 179; C. BLATTNÝ 14) (tableau XLV). Chez les pommes de terre, il n'y a pas seulement incurvation de chaque feuille vers le dessous (tableau XX/XXI) mais aussi les folioles perdent leur surface lisse; elles semblent ondulées, leurs nervures semblent enfoncées (W. KRÜGER 89). Chez la betterave à sucre le manque de potasse cause un état fortement ondulé des feuilles (W. KRÜGER 89a) (tableau XVII). Chez la betterave fourragère les feuilles sont recourbées vers le dessous, les bords rétractés (tableau XXIV) (H. NIKLAS 122). Les grandes feuilles du tabac montrent de façon particulièrement nette (tableau LII-LIII) leur surface fripée et la courbure caractéristique vers le dessous qui contraste avec la surface lisse du tabac bien nourri (fig. 4—5) (G. HÜLSEN 72; P. J. ANDERSON 7; A. GIRAUD 53). On voit des courbures analogues chez les vieilles feuilles de houblon (fig. 6) (E. DOERELL 37; J. ZATTLER 209). Chez le framboisier les bords des feuilles s'enroulent en devenant gris (fig. 7) (J. R. v. HAARLEM 56). Des incurvations analogues se retrouvent chez le fraisier (M. B. DAVIS 35) (tableau XXXIV), chez la vigne (W. KOTTE 85; M. LAGATU et MAUME 91) chez le grape fruit (fig. 8) et autres espèces de Citrus (H. S. REED 142).

Lorsque par excès unilatéral d'azote existe un manque relatif de potasse, les feuilles sont par suite de l'alimentation riche en azote, de dimension normale, mais le manque de potasse se caractérise par leur forme ondulée.

Mais en général le manque de potasse recroqueville les feuilles et change leur dimension. Surtout les jeunes feuilles prennent de plus en plus une forme étroite et pointue, la nervure principale s'incurve, et les feuilles semblent un peu enroulées en spirale.

Les céréales montrent par manque de potasse des feuilles enroulées en spirales. Chez la betterave se trouve comme signe très caractéristique la forme lancéolée par torsion de la feuille (W. KRÜGER 89). Chez le tabac les feuilles sont très étroites, par manque de potasse (G. HÜLSEN 72). Chez le houblon les nouvelles feuilles qui croissent sont de plus en plus petites (E. DOERELL 37). Chez le caféier (tableau LI) les ramifications foliaires deviennent irrégulières et il se produit une chute de certaines feuilles (G. HELMRICH 59). Les pommiers (tableau XXVII) (J. R. v. HAARLEM 56) (fig. 9) et les pruniers (T. WALLACE 186) montrent une faible formation de feuillage, et de petites feuilles (J. R. v. HAARLEM 56). La modification de toutes les jeunes feuilles de pêchers, étroites, en forme de langue est encore plus nette (J. R. v. HAARLEM 56) (fig. 10).

2. *Racine*

Comme la plante qui manque de potasse développe ses rameaux aux dépens des racines, celles-ci sont encore plus endommagées par le manque de potasse que les organes aériens. Des racines latérales ne se forment qu'auprès de la base de la racine, et vers la pointe de la racine les radicelles sont réduites en nombre et en longueur.

L'accroissement en grosseur des racines est contrarié, le potassium disponible est fortement retenu dans les méristèmes des racines, et dès lors ne peut développer dans les parties éloignées des pointes des racines, de nouvelles formations de tissus par division cellulaire. Le mauvais développement des organes de réserve est aussi, pour cela, un caractère du manque de potasse.

Les racines, qui manquent de potasse, montrent à l'inverse des racines endommagées par d'autres influences une couleur allant du blanc mat au brun, et ont une prédisposition à la pourriture.

L'action du manque de potasse sur la formation des racines en cultures sur solutions nutritives se manifeste clairement (W. SCHROPP 164). Le maïs, en solution manquant de potasse montrait une très forte réduction du nombre des racines latérales. Dans des champs d'expérience sur l'orge, apparut un extraordinaire réduction de l'émission du chevelu radiculaire, comme suite de manque de potasse (J. GÖRBING 54) (fig. 11). Chez le maïs le manque de potasse causa une faible formation des racines, d'où une moindre solidité de la plante (N. A. PETTINGER 125) (fig. 12). Chez la canne à sucre, on observa la pourriture des racines (J. P. MARTIN 106) et une tendance accrue à la formation de racines aériennes (C. HARTT 58; A. LEE, M. MEDALLA et A. DE LUZURIAGA 93) (fig. 13) comme suite du manque de potasse. Le soja manquant de potasse ne développe au voisinage de la base de la racine que très peu de radicelles, qui disparaissent facilement (J. N. GINSBURG 52). Le système radiculaire du lupin manquant de potasse est visqueux (en solution nutritive) (W. SCHROPP 163). Chez les pois la formation des nodosités n'est que faible (W. SCHROPP 163). Le système radiculaire du tabac manquant de potasse est mal développé (W. SCHROPP 163; M. MES 112). Chez le coton le manque de potasse s'exprime par une décoloration brune ou noire des cellules conductrices d'eau des racines (D. C. NEAL 118) (fig. 14). La chair des betteraves sucrières montre, lorsqu'il y a manque de potasse, d'abord une coloration jaunâtre qui devient rapidement foncée (tableau XVIII). Chez les betteraves il ne se produit qu'un renflement restreint de la racine (W. KRÜGER 88; J. RUSSELL 145). De même les betteraves fourragères ne forment qu'une racine faible et sont prédisposées à la maladie du cœur (H. NIKLAS 122). De même chez les betteraves rouges le renflement des racines est fort gêné (L. G. SCHERMERHORN et W. R. ROBBINS 158) (fig. 15) et chez les radis aussi le manque de potasse contrairement à ce qui se produit au manque en d'autres éléments, gène d'une façon particulière le développement des racines (S. P. THORNTON 168).

Mais d'une manière bien plus prononcée que sur les plantes annuelles le manque de potasse agit sur le développement des racines de plantes vivaces. Aussi bien dans le développement du système radiculaire, comme surtout aussi dans la vitalité des racines les dégâts dûs au manque de potasse apparaissent en augmentant. Le système radiculaire de pousses d'osiers en solution nutritive était moins ramifié dans la solution déficitaire de potasse que dans la solution nutritive complète (T. WALLACE 189). Chez la vigne non seulement le volume, mais aussi la vitalité du système radiculaire était considérablement gênée à partir de la troisième année par manque de potasse (W. KOTTE 85; E. SCHAFFNIT et A. VOLK 155).

3. *Fleur et fruit*

Le manque de potasse s'exprime dans la production des fruits, en première ligne sur la quantité, c'est-à-dire, qu'il se forme moins de fruits, et surtout des fruits plus petits, afin que ceux-ci puissent avoir une teneur suffisante en potasse. La plante est capable de maintenir à peu près constante la teneur de la graine en principes minéraux, même dans des conditions de nutritions variables. L'énergie germinative de la semence est débilitée par un fort manque de potasse.

Citrus aurantium L.
subspec. decumana THELUNG

FIG. 8. GRAPEFRUITBLÄTTER

Links: *ausreichende Kaliversorgung*
Rechts: *Kalimangel; Blatt infolge von reichlicher Stickstoffdüngung übergroß entwickelt*

FEUILLES DE GRAPEFRUIT

à gauche: *alimentation suffisante en potasse*
à droite: *manque de potasse; hypertrophie de la feuille due à la fumure surazotée*

LEAVES OF GRAPEFRUIT

on left: *sufficient potash*
on right: *potash deficiency; note abnormal size of leaf due to excessive application of nitrogen*



Chez les céréales la formation de graines cesse entièrement par fort manque de potasse. «Sans potasse pas de graines» est une observation courante du practicien. Le seigle donne alors par exemple des épis courts sans graines, l'avoine fait des épis sans graines développés (B. RADEMACHER 132; W. SAUERLAND 146). Mais si, en présence d'un faible manque de potasse, il se forme des graines, la teneur en potasse des graines est la même qu'avec un approvisionnement suffisant en potasse (A. JACOB 73), mais les graines ne contiennent pas autant d'amidon; elles sont moins lourdes. En cas de faible manque de potasse la proportion des graines et de la paille est deplacée; le nombre de graines dans les épis est diminué, les épis sont plus petits et ont la forme de ventre de poisson. Chez le maïs le développement des épis est défectueux, les graines sont irrégulières et mal développées (G. ROHDE 144). Chez les graminées on peut constater de même un développement rabougri des graines par manque de potasse (F. AUMÜLLER 10) (fig. 16). La féverolle est une des plantes qui réagit très fortement sur un manque de potasse par une formation réduite de graines; lors d'un approvisionnement insuffisant en potasse il ne forme que peu de graines petites dans les gousses (JENTSCH 75; W. BRUNS 27). De même le soja ne forme que des petites gousses rétrécies avec un petit nombre de graines rabougries qui n'arrivent pas à l'état de maturité (C. B. WILLIAMS 204; A. KORNFELD 82) (fig. 17); le même cas se produit sur les haricots nains (J. REINHOLD et M. SCHMIDT 134). Sur les pois les graines ont des écales très dures (C. B. SAYRE et B. N. NEBEL 147), sur le coté intérieur des graines fendues se montrent des taches brunes (bad hearts) (L. DE BRUYN 28). Le concombre forme sous l'influence du manque de potasse des fruits d'une forme caractéristique à pointe allongée, dûs à la formation irrégulière des graines (fig. 18) (I. C. HOFFMAN 69). Chez les tomates les fruits sont petits, leur forme est angulaire, et ils se fendent facilement (fig. 19) (I. C. HOFFMAN 69). Chez les melons la crevaison des fruits, comme suite du manque de potasse, peut souvent être constatée (M. CASALIS 31) (fig. 20). Le sarrasin peut faire apparaître, lors d'un manque de potasse, une riche floraison, mais la formation des graines est très réduite (W. SCHROPP 163). Chez

le coton les pédicelles sont minces, les capsules restent petites, et ne s'ouvrent qu'insuffisamment. Les fibres sont courtes et peu enroulées, et les graines ne contiennent que peu d'huile (H. T. MADDUX 105) (fig. 21). Chez le houblon les grappes ne sont que mal développées (E. DOERELL 37). Chez les arbres fruitiers, comme par exemple chez les pommiers, la formation des fleurs ainsi que la poussée des boutons peuvent être accélerées par le manque de potasse, de sorte qu'une bonne formation primaire des fruits se produit; mais les fruits restent petits et ont tendance à tomber prématurément (G. A. COWIE 34). Chez les citrus le manque de potasse produit une écorce épaisse et rude des fruits (tableau XXX), le fruit est peu charnu (H. S. REED 142). Chez la vigne (tableau XXV) la maturité des baies est irrégulière (LAGATU 91), elle est retardée par rapport à des vignes à nutrition normale. Chez les groseilliers épineux il ne se forme que des fruits petits avec peu de chair (F. VOGEL 180). Les fruits ne sont pas transparents. Chez les fraisiers la formation des fraises est restreinte par manque de potasse (M. B. DAVIS et H. HILL 35).

4. Morphologie externe de la plante

Les altérations morphologiques dues au manque de potasse se montrent dans l'aspect extérieur de la plante adulte. Dans le développement de la plante jeune, ceci ne se remarque pas encore beaucoup car les plantes économisent les quantités disponibles de potasse, et les utilisent en première ligne aux fonctions qui se rattachent à l'édification de leurs organes. La plante utilise d'abord la potasse disponible pour les feuilles car c'est une nécessité vitale pour l'assimilation, ou la formation de la substance organique.

Dans d'autres fonctions, le potassium peut dans une certaine mesure, être remplacé par d'autres cations (sodium).

Pourvu que des quantités suffisantes d'azote et d'autres éléments nutritifs soient présentes, il peut arriver que par un léger manque de potasse dans le stade de jeunesse le développement du feuillage soit plus fort, comme si le manque de potasse, à ce stade, avait favorisé le développement de la plante. Cette impression ne se maintient pas dans le développement ultérieur. La croissance se ralentit, les entre-nœuds sont raccourcis, si bien que la plante prend un aspect rabougri. Les feuilles sont plus rapprochées les unes des autres, les plus jeunes feuilles souvent d'apparence naine. Les feuilles sont molles, pendantes, et tout l'ensemble donne une impression de faiblesse. Les plus vieilles feuilles tombent prématurément, la plante semble retombante et desséchée.

Le développement de la paille des céréales n'est pas gêné par un faible manque de potasse (KÖSTLIN 83). Par contre la croissance de la paille est gênée aussi à la suite du raccourcissement des entre-nœuds par un manque plus marqué de potasse (tableau III). Les feuilles des tiges courtes sont relâchées comme par exemple chez le seigle (W. SCHROPP 163), les tiges sont minces et peu puissantes. Le tallage est moins fort; il y a tendance à la formation de pousses tardives (H. WEINMANN 197; W. SCHIECK 159). Un faible développement en coïncidence avec le manque de turgescence est constaté aussi chez le ray grass, la fléole et l'alpiste de Canaries (H. VON FEILITZEN 44; H. LINDEMAN 95); les feuilles sont recourbées vers le sol. Le lin (fig. 22) ainsi que le chanvre (fig. 23) font voir, à la suite du manque de potasse, un aspect typique rabougri et petit de la plante. Le maïs a une solidité amoindrie de la tige, les tiges se cassent à une pression de vent plus élevée; les feuilles sont relâchées (N. A. PETTINGER 125; W. SCHROPP 163). La canne à sucre souffre d'un retard de la croissance, les entre-nœuds sont fortement

raccourcis (C. HARTT 58) (fig. 24). Chez la betterave à sucre manquant de potasse il se produit à l'état jeune d'abord un développement exagéré des feuilles (W. KRÜGER 88). Dans la période de croissance plus avancée les tiges sont raccourcies. Les grandes feuilles flottantes sont relâchées vers le bas et pourrissent facilement. Les premières feuilles dépérissent en grand nombre simultanément et entourent la betterave sous forme d'étoile. Ce signe caractéristique du manque de potasse réapparaît aussi chez la betterave fourragère (tableau XXIV) (H. NIKLAS 122; J. RUSSELL 145) et la betterave rouge (L. G. SCHERMERHORN et W. R. ROBBINS 158). Les betteraves ainsi que la chicorée montent plus vite à graines si elles souffrent d'un manque de potasse (fig. 25) (E. CLAUSS 32; E. MÜLLER 116; A. WETZEL 200). Chez les pommes de terre les signes du manque de potasse se montrent relativement tôt par le retardement de la première pousse, ce qui peut être expliqué par le fait que la teneur en potasse des tubercules de pommes de terre ne peut selon toutes apparences pas être suffisamment utilisée par la plante croissante s'il n'y a pas possibilité d'un approvisionnement constant de potasse par la solution du sol (F. MERKENSCHLAGER 111; W. KRÜGER et G. WIMMER 89; G. ROHDE 143). A une période de développement plus avancée la partie supérieure des pommes de terre montre une croissance rabougrie, les pétioles entre les folioles sont raccourcis, les folioles sont plus serrées. Après cette croissance gênée au commencement de la végétation il se produit un dépérissement prématuré des anciennes feuilles de sorte que les plantes montrent l'aspect de branches étalées (TH. REMY et H. LIESEGANG 137) (tableau XXII). Le tabac ne fait, s'il manque de potasse, que des petites plantes d'un aspect rabougri (tableau LII), les feuilles sont relâchées, les tiges sont creuses (E. SCHAFFNIT et A. VOLK 154). On fait mention de même d'un développement gêné et d'une croissance réduite comme suite du manque de potasse chez les légumineuses: trèfle (J. G. MASCHHAUPT 107), féverolles (JENTSCH 75; W. BRUNS 27), haricots nains (W. SCHROPP 163), pois (G. VEENSTRA et L. DYKHUIS 176). Chez le chou blanc la tête reste petite et a une forme peu cohérente et plate très caractéristique (fig. 26) (C. H. WADLEIGH 184). Chez le chou-fleur les fleurs sont relâchées et de coloration grise (fig. 27) (C. BLATTNÝ 14).

Chez les arbres fruitiers le développement des jets est retardé, les pousses d'été se déssèchent déjà au mois de juin à partir de la couronne, ce qui donne aux arbres une apparence caractéristique; le dépérissement progresse des pointes des pousses vers le bas (G. A. COWIE 34). Chez le prunier on signale un mauvais développement du bois et des pousses (T. WALLACE 186); chez les cerisiers un arrêt prématuré de la pousse (F. VOGEL 181); chez les pommiers un développement chétif des pousses, mais qui sont d'une longueur frappante et dont les pointes sont dépéries (T. WALLACE 187). Des pointes de pousses brulées peuvent être observées aussi sur les citrus (F. REICHERT et J. PERLEBERGER 133) (fig. 28). Chez le groseiller épineux les feuilles tombent facilement de sorte que fin septembre les branches sont entièrement dénudées (F. VOGEL 180). La chute des feuilles donne aussi chez le coton aux parcelles qui manquent de potasse un aspect tout à fait caractéristique (fig. 29) (H. T. MADDUX 105; D. C. NEAL 118). Chez les vignes on peut remarquer un fort relâchement des feuilles qui tombent au moindre attouchement (W. KOTTE 85). Les ceps des vignes n'ont qu'un faible développement. Avant que le manque de potasse se faisse sentir dans la puissance de la pousse, il peut déjà être remarqué dans la formation des yeux (fig. 30). Ce qui frappe à l'œil c'est le faible développement du bois des vignes (E. SCHAFFNIT et A. VOLK 155). Dans le cas d'un approvisionnement suffisant et simultané des autres éléments nutritifs l'effet d'un manque relatif de potasse se fait voir dans ce sens que bien que la croissance végétative fut encore bonne, la formation des raisins était fortement réduite (LAGATU et MAUME 91).

5. Morphologie interne de la plante

La mollesse des plantes qui manquent de potasse est conditionnée anatomiquement par une formation déficiente des tissus de soutien, aussi des éléments ligneux et chez les monocotylédones des éléments scléreux.

Les éléments mécaniques sont fortement surchargés dans les premiers stades des plantes manquant de potasse, dont le feuillage n'est que peu réduit; le rapport de la charge à la résistance en est aggravé.

Chez l'avoine le manque de potasse s'exprime par un développement très faible des tissus constitutionnels (fig. 31) (F. ALTEN et G. GOEZE 3). Les cellules épidermiques ainsi que les cellules fibreuses du sclérenchyme font apparaître un lumen assez élevé, et elles ont une paroi relativement faible. De même les cellules des faisceaux ligneux et libéro-ligneux ont des parois très minces, et n'entrent probablement pas en ligne de compte comme organes de soutien. Mais les conditions sont plus défavorables chez les vaisseaux qui sont placés dans l'anneau de sclérenchyme. Les parois des cellules de sclérenchyme avoisinantes n'ont pas un renforcement particulier, mais il y a des deux côtés des vaisseaux même encore des tissus de parenchyme, ce qui provoque un affaiblissement de l'écorce de la tige. Chez l'orge dont la constitution anatomique est en général moins forte que chez l'avoine (P. STUCH 165; W. ACKER 1; F. ALTEN et G. GOEZE 3) le lumen large des cellules de l'épiderme et du sclérenchyme est surtout étonnant. Les parois des cellules sont faiblement développées. Les parois des cellules des tissus de séparation des faisceaux fibro-vasculaires ne sont que légèrement épaissies. La couche de sclérenchyme est fortement ramollie et, en outre, très étroite. Chez le lin les fibres ont des parois minces, des lumens larges, de forme ovale. Les vaisseaux sont fortement crevassés et ne sont constitués souvent que de deux couches cellulaires. La liaison entre les fibres et les faisceaux est très mauvaise, parce que les fibres sont assez arrondies (F. TOBLER 170; F. ALTEN et G. GOEZE 4). De même chez les pommes de terre beaucoup de groupes des faisceaux vasculaires ne sont que faiblement développés (VON BREHMER 23; F. TOBLER 171). Le collenchyme est faible et a de grosses cellules, le parenchyme de l'écorce a des cellules à grosses mailles, le liber est faiblement développé, les rayons de la moelle sont peu puissants (fig. 32). Chez des plantes ligneuses, comme les vignes (E. SCHAFFNIT et A. VOLK 155) et les osiers (H. ULBRICHT 175) le signe caractéristique pour le manque de potasse est un bois à grosses cellules, relativement minces. La vue en coupe des tiges fait ressortir, par manque de potasse, une moelle très forte et peu de bois; les boutures de telles vignes sont impropres à la greffe (fig. 33). La vue en coupe des racines de vignes fait voir de même, par manque de potasse, du bois à cellules grossières à parois minces (E. SCHAFFNIT et A. VOLK 155) (fig. 34). Chez le pois il se forme, en solution nutritive pauvre en potasse et avec un excédent relatif en chaux, dans les écorces de graines, des cellules courtes en forme de palissade, qui sont fortement durcies, tandis qu'avec une nutrition suffisante en potasse les cellules ont un caractère plutôt jeune (C. B. SAYRE et B. N. NEBEL 147).

L'étude microscopique des taches qui se forment sur les plantes manquant de potasse est particulièrement appropriée pour donner une idée plus précise des formes du manque de potasse.

Chez les graminées (Dactylis glomerata entre autres) la dégénérescence des cellules observée sur des plantes manquant de potasse commençait pour la plupart dans le parenchyme contenant la chlorophylle (W. LINDENBEIN 96). La plupart des groupements cellulaires nécrotiques sont à l'état très jeune déjà en liaison avec les faisceaux conducteurs, et se mettent en contact avec d'autres tissus. C'est avant tout l'épiderme qui est presque exclusivement atteint et touché par les complexes cellulaires nécrotiques. Dans la plupart des cas les parties malades des cellules s'étendent aussi vers la profondeur, et elles sont alors limitées, en haut et en bas des cellules d'épiderme, à partir des côtés de la feuille, par les faisceaux conducteurs. Comme les cellules d'épiderme sont toujours éprouvées de même, toute la partie des feuilles se trouvant entre les nervures se compose de cellules nécrotiques. Tandis que dans la direction transversale l'extension maximum des taches est fixée par la distance des nervures des feuilles, il n'y a pas de limitation dans la direction longitudinale. Les complexes nécrotiques ont dans leur texture de grands espaces vides en ovales longs, tandis que les tissus sains avoisinants sont composés de cellules régulières

rondes. Le mésophylle est fortement dégonflé (fig. 35) l'épaisseur de la feuille se reduit de ce fait de 30 % lors d'une dégénérescence fortement avancée. Bien que les parties saines et malades du parenchyme semblent se toucher sans transition visible, les cellules voisines sont toutefois aussi déjà affectées. Là apparaissent les premiers degrés de processus plasmolytiques, le contenu de la cellule (plasma, noyau et plastides) formant une masse homogène.

Les taches blanches sur le trèfle incarnat donnent une image conforme. Là aussi l'épiderme et le mésophylle montrent ces phénomènes dans la plus forte mesure. Dans la plupart des cas ce parenchyme en palissades et l'épiderme voisin sont dégénérés de la même façon. Dans la feuille des dicotylédones le tissu mécanique n'est pas tendu à travers toute la coupe transversale, et le cours ininterrompu du parenchyme palissadaire permet que la nécrose s'étende à travers les nervures des feuilles. On peut constater là aussi un affaissement de la coupe de la feuille.

Chez la canne à sucre (T. H. v. d. HONERT 71) on remarque, quand on fait une coupe à travers la nervure médiane à l'endroit des taches (fig. 36) que les taches et décolorations dues au manque de potasse (tableau I.) sont restreintes uniquement à la moitié superficielle de la nervure principale de la feuille. Quant aux décolorations passant jusque dans les cellules inférieures de parenchyme du revers de la feuille il ne s'y agit pas du manque de potasse. Si on coupe d'en dessous à peu près à trois quarts la nervure principale, et si on casse à cet endroit la feuille vers le haut et qu'on enlève quelques couches des cellules de sclérenchyme à quelques centimètres, alors on trouve, en les examinant, par manque de potasse, à l'endroit des taches des feuilles, des productions gommeuses bizarres jaunâtres jusqu'à brun rouge foncé dans les cellules d'épiderme, qui semblent être provoquées par un gonflement de l'épiderme de la cellule. Dans le cas d'un faible manque de potasse ces excroissances forment des petites boules régulières dans les cellules de l'épiderme. S'il y a un manque élevé de potasse les excroissances gommeuses montrent une image peu régulière.

External Symptoms and Modifications of the Inner Structure of the Plant

1. Leaf

While plants can, according to species, regulate the composition of their storage organs and supporting tissues, considerable variations have been observed in the composition of the leaves, viz. the organs, in which the actual assimilation of the absorbed nutrients takes place. The nutrients of the soil are not absorbed by the growing plant in the proportion in which it finally needs them but in quantities which depend on the content of the soil solution with respect to these various nutrients. Therefore, it cannot be surprising that with the great variation in the composition of the leaf, nutrient deficiency should be particularly noticeable in this part of the plant.

Incipient potash deficiency is first noticeable in the leaf by the occurrence of a bluish-green coloring. The leaf of such a plant is similar in its coloration to the leaf of a plant over-supplied with nitrogen (plate XXI). The dark green coloring of the foliage due to lack of potash persists for a remarkably long time.

The long persistence of the dark green color was observed as a sign of potash deficiency in the case of Italian rye grass (W. KRÜGER 89). The dark green coloration of the foliage of potatoes in the incipient stages of potash deficiency was particularly noticeable (W. KRÜGER and G. WIMMER 89). The same observation was made in the case of sugar beets and mangolds (H. NIKLAS 122), the leaf veins especially showing a deep dark green coloration (W. KRÜGER 89; J. WEIGERT 196; J. RUSSELL 145). Of the brassicaceous plants common white cabbage exhibited the darker coloration with potash deficiency, especially in the early stages of growth (C. H. WADLEIGH 184; G. WIMMER 206). A similar dark green coloration of the leaves due to potash deficiency has been observed in the case of rape (J. WEIGERT 193), peas (M. KLINKOWSKI 79), tomatoes (M. KLINKOWSKI 79; I. C. HOFFMAN 69), cucumbers (I. C. HOFFMAN 69), strawberries (M. B. DAVIS 35), fruit trees (T. H. BLOW 15), and tobacco (P. J. ANDERSON 7; M. MES 112).

The upper surfaces of potash deficient leaves have a dull appearance which is explained by the fact that the epidermal cells have only a very thin wax layer or none at all.

The lack of a waxy surface can be observed in all brassicaceous plants the leaves of which exhibit on this account a duller tint than those of normally nourished plants (G. ROHDE 143).

The bluish-green color of the leaves of potash deficient plants often shades into violet, brownish-red, or brown (plate XXXIX).

The leaves of spring cereals assume, particularly at the tips, a brownish-red color. With oats, for example, a reddish coloration of the tip of the leaf occurs after only eight days (E. MÜLLER 116) (plate IV). With rice the leaves first exhibit a dark green color, while at a later stage of growth the older leaves turn a reddish color (W. SCHROPP 163) (plate VII/VIII). In the case of tomatoes there is a purple coloration, especially in the leaf veins (G. T. NIGHTINGALE 120). On hops a red coloration occurs, particularly on the older leaves (J. ZATTLER 209). The gradual development of the change of color can be especially well observed on strawberries. The leaves, at first dark green, later lose their luster, assume a bronze-like tint, become violet, and finally purplish-red (M. B. DAVIS 35) (plate XXXIV). Also in the case of gooseberries, a violet tinting of the leaves, beginning with the oldest part of the leaf, was observed (F. VOGEL 180).

In many plants the formation of chlorophyll is prevented in areas by potash deficiency, and chlorotic spots of a pale yellow color occur, principally between the veins and at the margins of the leaf. They extend along the leaf margin to the tip and usually have an irregular form.

On oats and spring wheat, elongated, white spots are formed on the leaves as a result of potash deficiency (fig. 1) (E. LOWIG 100; M. KLINKOWSKI 79). The leaves of barley change their color to yellow, beginning at the leaf tip. Sometimes there are also white spots which coalesce in the middle of the leaf surface (M. KLINKOWSKI 79; H. WEINMANN 197) (plate VI). On the leaves of wheat, small yellowish-brown spots which gradually become larger occur (J. WEIGERT 194). Grasses such as reed grass, orchard grass, meadow fescue and timothy show pale green, yellow to white spots on the leaves (H. v. FEILITZEN 44; E. LOWIG 100). Yellow discolorations may be observed on sugar cane, especially on the margins of the lower leaves (A. LEE, M. MEDALLA and A. DE LUZURIAGA 93; W. KRÜGER 87; J. P. MARTIN 106). Particularly characteristic of potash deficiency are the whitish to yellow spots on the leaves of clover (H. v. FEILITZEN 44; J. G. MASCHHAUPT 107; E. LOWIG 100) (plates XII/XIII).

Similar sharply defined linear white spots, arising at the leaf margin, occur on alfalfa (E. HILTNER 61; M. KLINKOWSKI 80; E. TRUOG 172) (plate XI). Potash deficiency on bush beans (VON SEELHORST 150) and soy-beans (E. LOWIG 101; A. KORNFELD 82; C. B. WILLIAMS 204), manifests itself in a discoloration of the leaf margin (plate XLVI). Gray-yellow leaf tips and margins indicate potash deficiency on peas (G. VEENSTRA 176). The occurence of chlorotic yellow spots on the leaves of tobacco is regarded as a characteristic indication of potash deficiency (M. MES 112; P. J. ANDERSON 6) (fig. 2) (plate LIII).

The yellow spots are only a forerunner of the disintegration of the leaf tissue, with a brownish-black discoloration. Brown spots between the leaf margins quickly increase in size. The leaves then become desiccated with a brown color, without a previous yellowing. The spots appear first at the tips of the lower leaves. Potash deficiency is thus first manifest on the oldest part of the leaf. The leaf veins retain their dark green color and are sharply delineated on the diseased leaves. Frequently all leaves, even the youngest, die at the same time instead of one leaf after the other as in the case of healthy plants. The tendency of potash deficient plants to premature shedding of the leaves is typical.

A characteristic sign of potash deficiency on oats, barley and wheat is the occurrence of brown spots on the older leaves, which desiccate without a previous transition to a yellow tinting (W. KRÜGER 89; H. LUNDEGARDH 104; RITTER and KELLER 141; GROH 55) (plate I). On maize, yellow to brown spots develop on the edges of the leaf and between the leaf veins. The leaf dies, beginning at the margin (RITTER and KELLER 141; N. A. PETTINGER 125) (plate IX). Both canary-grass, which can be



Pirus malus L.

FIG. 9. APFELBLÄTTER
Links: ausreichende Kaliversorgung
Rechts: Kalimangel

FEUILLES DE POMMIER
à gauche: alimentation suffisante en potasse
à droite: manque de potasse

LEAVES OF APPLE TREES
on left: sufficient potash
on right: potash deficiency

regarded as an indicator plant for potash deficiency (H. LINDEMAN 95), and rye grass (H. VON FEILITZEN 44), show brown spots on the leaves (plate XV). The leaves dry up turning a dark brown color without transition through yellow. Typical of potash deficiency is the browning of sugar cane leaves which die from the tip inwards (T. H. v. D. HONERT 71). With rather marked potash deficiency clover has grayish-yellow to brown leaf tips. In crimson clover the necrotic tissue complexes are extensively disorganized, the older leaves dying (W. LINDENBEIN 96). Lupine, suffering from potash deficiency exhibits yellowish-brown tissue necrosis (W. SCHROPP 163). The leaf tip becomes brown (M. KLINKOWSKI 79). On alfalfa the leaf tips dry up without a previous transition to yellow (M. KLINKOWSKI 79). Desiccation with a yellow-brown coloration and sharply defined spots occur on the leaf tips and margins of bush beans (VON SEELHORST 150; J. REINHOLD 134). The leaves of field beans dry out after the formation of gray-black spots (plate XVI) and necrosis of the tissue (W. SCHROPP 163). A preliminary color transition through gray-yellow to brown, beginning at the margin, occurs on leaves of peas (G. VEENSTRA 176; M. KLINKOWSKI 79), on which sharply defined brown spots develop with considerable necrosis of the tissue. On soy-beans (plate XVI) the chlorotic discoloration develops into black-brown spots occurring principally on the leaf margin (E. LOWIG 101; C. B. WILLIAMS 204; W. REMY 140) (fig. 3). On cabbage the formation of the brown spots begins on the lower, older leaves



Prunus persica Sieb. et Zucc.

Fig. 10. Pfirsichblätter
Links: *ausreichende Kaliversorgung*
Rechts: *Kalimangel*

Feuilles de pêcher
à gauche: *alimentation suffisante en potasse*
à droite: *manque de potasse*

Leaves of peach trees
on left: *sufficient potash*
on right: *potash deficiency*

from which the spots spread to the other leaves (G. Wimmer 206; C. H. Wadleigh 184) (plate xliv). Brown spots form on the margins and between the leaf veins of swiss chard (Ritter and Keller 141). On buckwheat, yellowish spots spread from the leaf margin and then become brown. The normal redness of the leaf is lacking (M. Klinkowski 79). With potash deficiency on potatoes (plates xx–xxii) brown spots occur between the leaf veins, especially on the oldest leaves. Such leaves soon fall off frequently before they have become completely dry. Often most of the leaves die at the same time.

The simultaneous death of several leaves has also been observed as a typical symptom of potash deficiency in sugar beets and mangolds (plates xvii and xxiv) (W. Krüger 88; H. Niklas 122). In contrast to this, the leaves of tomatoes die after a grayish-yellow discoloration, without abscission (I.C. Hoffman 69; G. Nightingale 120) (plate xxxv). Brown, necrotic spots occur on hops, especially on the older leaves which are the most deficient in potash (J. Zattler 209; E. Doerell 37). Leaf diseases as a result of potash deficiency have been recognized on currants (plate xxxii), raspberries, and gooseberries (A. C. Schoevers 162; M. Löhnis 99; F. Wagner 185; Th. Remy and F. Weiske 139; F. Vogel 182; T. Hoblyn 64; F. Vogel 180). On apples the drying of the leaves gradually progresses beginning with the interveinal or the marginal section of the leaf (E. J. Gildehaus 51) (plate xxvii). The leaves of the grape-vine exhibit at first punctiform spots which change from yellow to brownish-red and cover

almost the entire leaf (W. KOTTE 85; A. HERSCHLER 60) (plates XXV XXVI). Potash deficiency in cotton causes the occurrence of rust in which the leaves, becoming reddish-brown, die (D. C. NEAL 118; H. T. MADDUX 105;) (plates XLVII XLVIII). With oil palms the older leaves prematurely discolor to yellow, then to brown and finally die (FICKENDEY 45).

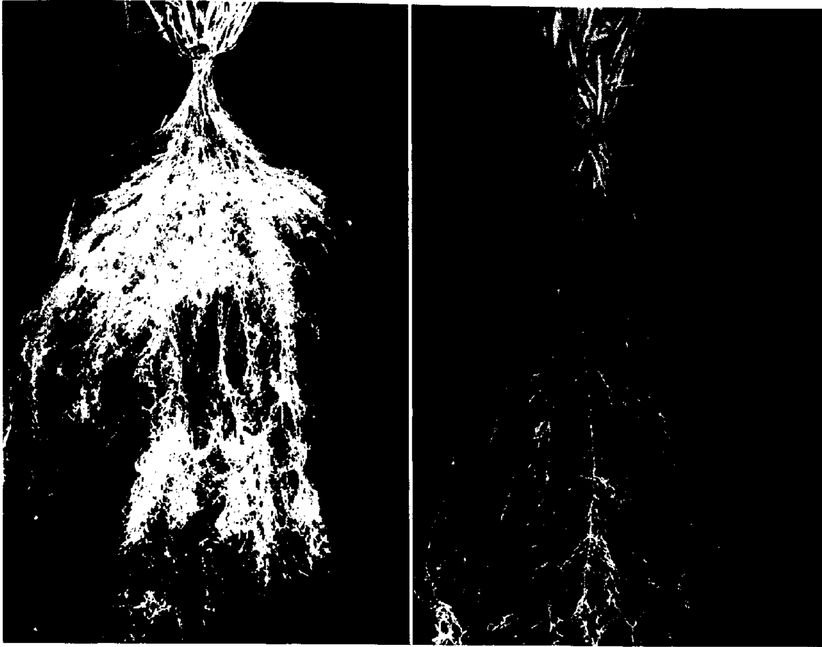
In addition to the discoloration of the leaves and the formation of necrotic spots, potash deficiency can also be recognized by a modification in the form of the leaf. On most plants it is typical for the leaves to have a puckered surface and to be warped or curled. With progressive potash deficiency, the leaf margin sharply contracts, shows little holes, and appears as if gnawed by insects.

A curling of the leaves occurs on most varieties of grain. The leaves of alfalfa also are curled when there is a deficiency of potash. On lupine the leaves are curved inwards. The leaves of bush beans shrivel (VON SEELHORST 150). On swiss chard the leaves curl downwards (RITTER and KELLER 141). The leaves of cauliflowers bend inwards and have a crinkled surface (F. VOGEL 179; C. BLATTNÝ 14) (plate XLV). On potatoes the leaves as a whole are not only sharply turned under (plates XX XXI) but the individual leaves also lose their smooth surface. The latter is crinkled and the veins have a sunken appearance. Also, on sugar beets, potash deficiency causes a puckered condition of the leaves (W. KRUGER 89a) (plate XVII). The leaves of mangolds are curled downwards and the leaf margin contracted (plate XXIV) (H. NIKLAS 122). The large leaves of tobacco show particularly distinctly the puckered appearance of the leaf surface (plates LII LIII) and the characteristic downward curling in contrast to the smooth surface of well nourished tobacco (fig. 4 and 5) (G. HÜLSEN 72; P. J. ANDERSON 7; E. GIRAUD 53). The older leaves of hops tend to curl in a similar manner (fig. 6) (E. DOERELL 37; J. ZATTLER 209). On raspberries, the gray colored leaf margin curves upwards (fig. 7) (J. R. VAN HAARLEM 56). The leaves of strawberries (M. B. DAVIS 35) (plate XXXIV), grape vines (W. KOTTE 85; LAGATU and MAUME 91), grapefruit (fig. 8) and other citrus fruits (H. S. REED 142) exhibit similar symptoms.

When, with an unbalanced excess of nitrogen, the deficiency of potash is only relative, the leaves, on account of the liberal nourishment with nitrogen, are of normal size. The lack of potash is manifest in the puckered form of the leaves.

In general, a deficiency in potash in addition to a curling of the leaves, usually causes also an alteration in the dimension of the surface. The younger leaves especially, assume more and more a narrow, pointed form whereby the leaf veins are slightly twisted so that the leaves appear somewhat spindle-shaped.

Grains have spirally curled leaves when potash is deficient. Particularly characteristic is the lance-shaped, twisted form of the leaves of mangolds (W. KRÜGER 89). The leaves of tobacco are very narrow when potash is deficient (G. HÜLSEN 72). On hops the newly forming leaves become progressively smaller (E. DOERELL 37). On coffee (plate LI) the individual leaf twigs are not uniformly developed and single leaves may be entirely lacking (G. HELMRICH 59). Apple (plate XXVII) (J. R. VAN HAARLEM 56) (fig. 9) and plum trees (T. WALLACE 186) exhibit a poor development of foliage and small leaves (J. R. VAN HAARLEM 56). Still more outstanding is the narrow tongue-shaped development particularly of the younger leaves of peaches (J. R. VAN HAARLEM 56) (fig. 10).



Hordeum L.

Fig. 11. Sommergerste	Orge de printemps	Spring barley
56 Tage alte Pflanzen	*Plantes au 56ème jour*	*56 day-old plants*
Links: *ausreichende Kaliversorgung*	*à gauche:* *alimentation suffisante en potasse*	*on left:* *sufficient potash*
Rechts: *Kalimangel*	*à droite:* *manque de potasse*	*on right:* *potash deficiency*

2. *Root*

Since with plants suffering from a lack of potash the shoot develops at the expense of the roots, the latter usually are more seriously damaged by potash hunger than the aerial part of the plant. Secondary roots are formed only near the root base and towards the root tip, the number and length of the side roots rapidly decrease. Lateral growth of the root is materially injured. The available potash is held in growing tissues of the root tips. No new growing tissue, which by cell division causes lateral growth, can be formed in those parts distant from the root tip. Characteristic of potash deficiency, therefore, is the poor development of storage organs. Potash starved roots in contrast to roots injured by other factors exhibit a dull white to brown color and have a distinct susceptibility to root rot.

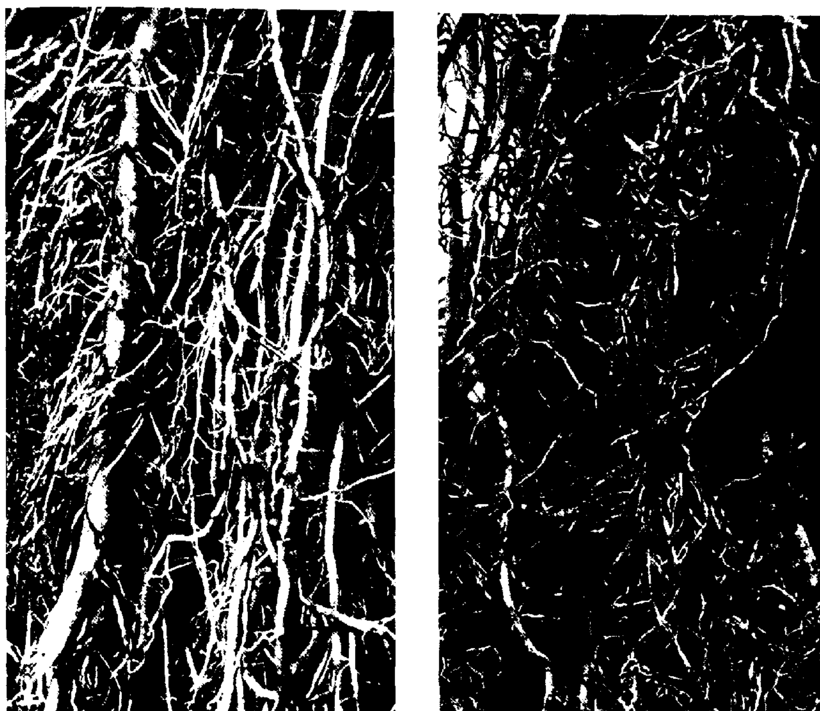
The effects of potash deficiency on root formation can be clearly demonstrated in water culture (W. SCHROPP 164). Maize in a potash deficient solution shows a very great decrease in the number of secondary roots. In field experiments with barley there was an extraordinary decrease in the formation of root hairs as a result of potash deficiency (J. GÖRBING 54) (fig. 11). With maize, potash deficiency causes a weak development of the root and therefore a tendency for the plant to lodge (N. A. PETTINGER 125) (fig. 12). Root rot (J. P. MARTIN 106) and a greater tendency to the formation of aerial roots as a result of potash deficiency have been observed in sugar cane (fig. 13) (C. HARTT 58; A. LEE, M. MEDALLA and A. DE LUZURIAGA 93). Potash deficient soybeans develop very few roots, and these only near the root base. These roots decay easily (J. N. GINSBURG 52). The root system of potash-starved lupines is slimy (W. SCHROPP 163). On peas there is little nodulation (W. SCHROPP 163). The root system of potash starved tobacco is poorly developed (W. SCHROPP 163; M. MES 112). With cotton, potash deficiency is characterized by a brown or black discoloration of the water-conducting tissue of the root (D. C. NEAL 118) (fig. 14). The flesh of potash deficient sugar beets exhibits at first a yellowish color and darkens quickly (plate XVIII). The beets have only a limited lateral growth (W. KRÜGER 88; J. RUSSELL 145). Mangolds also form only small roots and have a tendency to black-rot (H. NIKLAS 122). In the same way the lateral growth of beet roots is greatly impaired (L. G. SCHERMERHORN and W. R. ROBBINS 158) (fig. 15). In radishes, potash starvation, in contrast to a deficiency of other nutrients, is particularly detrimental to the developemnt of the root (S. F. THORNTON 168).

Potash deficiency has a greater influence on the root development of biennial and perennial plants than on annuals. The deleterious effects of potash deficiency on the extent of the root system and especially on the vitality of the root, increase from year to year. The root systems of willow cuttings grown in water culture are much less branched in the potash deficient solution than in the complete nutrient solution (T. WALLACE 189). With grape-vines not only the size but also the vitality of the root system is deleteriously affected by potash deficiency from the third year on (W. KOTTE 85; E. SCHAFFNIT and A. VOLK 155).

3. *Blossom and Fruit*

In the formation of the fruit, potash deficiency manifests itself primarily quantitatively; that is, fewer, and frequently also smaller fruits are formed so that each fruit can have a proper content of potash. The plant has the ability to keep the mineral content of the fruit or seed constant to a large extent, even under varying nutritive conditions. Marked potash deficiency greatly impairs the germinating power of the seed.

In cereals suffering from a lack of potash seed formation is completely inhibited. "No potash, no grain" is an observation common among practical farmers. Rye, for example, has short, barren heads. Oats are blasted (B. RADEMACHER 132; W. SAUERLAND 146). If, with a rather slight deficiency of potash, grain is formed, the potash content of the grain will be the same as if sufficient potash were supplied (A. JACOB 73). The grain, however, contains less starch and is lighter in weight. With moderate potash deficiency the ratio of grain to straw is modified. The number of grains in the head is smaller, and the heads are smaller and have a fish-bellied form. On maize, the ears are not filled out and the grains are irregularly and insufficiently developed (G. ROHDE 144). With potash deficiency in grasses there is also a scanty formation of seed (F. AUMÜLLER 10) (fig. 16). Horse beans react very markedly to deficiency of potash by a decreased setting of seeds. With an insufficient supply of potash they form only few small seeds in the pod (JENTSCH 75; W. BRUNS 27). Soy-beans



Zea mays L.

FIG. 12. BEGÜNSTIGUNG DER WURZELFÄULE BEI MAIS DURCH KALIMANGEL	POURRITURE DES RACINES DE MAÏS EN CAS DE MANQUE DE POTASSE	ROOT ROT IN MAIZE FAVOURED BY POTASH DEFICIENCY
Links: gesunde Wurzeln	*à gauche: racines saines*	*on left: healthy roots*
Rechts: kranke Wurzeln	*à droite: racines malades*	*on right: roots affected by rot*

also form small narrow pods with few abortive seeds that reach only a forced maturity (C. B. WILLIAMS 204; A. KORNFELD 82) (fig. 17). The same holds true for bush beans (J. REINHOLD and M. SCHMIDT 134). Peas are very tough (C. B. SAYRE and B. N. NEBEL 147) and on the inner side of the split seed, brown spots occur (bad heart) (L. DE BRUYN 28). Cucumbers under the influence of potash deficiency form fruit with a characteristically pointed form caused by the irregular formation of seed (fig. 18) (I. C. HOFFMAN 69). In the case of tomatoes, the individual fruits are small, angular, and crack easily (fig. 19) (I. C. HOFFMAN 69). Cracking of melons frequently occurs as a result of potash deficiency (M. CASALIS 31) (fig. 20). While buckwheat blooms heavily when potash is deficient, the seed formation is very light (W. SCHROPP 163). The fruiting stems of cotton are thin. The squares remain small and do not fully open. The lint is short and lacks the proper twist. The seeds have a low oil content (H. T. MADDUX 105) (fig. 21). With hops the cones are poorly developed (E. DOERELL 37). In the case of fruit trees, as for example apples, blossoming may be hastened by potash deficiency and a

good set of fruit follow. The fruit, however, remains small with a tendency to early falling (G. A. COWIE 34). In citrus a lack of potash causes a thick, rough rind (plate XXX) and the fruit contains less flesh (H. S. REED 142). On grape-vines (plate XXV) the ripening of the grapes is not uniform (LAGATU 91), and maturity is delayed in comparison to normally nourished plants. With gooseberry bushes only small fruits with little flesh are formed (F. VOGEL 180). The fruits are not transparent. With strawberries there is a light setting of fruit when potash is deficient (M. B. DAVIS and H. HILL 75).

4. Appearance of the Plant

The morphological changes caused by potash deficiency are made evident in the total habitus of the plant. In the early period of growth these are not yet strikingly noticeable. The plants use economically the potash available primarily for those functions affecting vegetative growth. The plants utilize the potash present first for the leaves, since it is here that its presence is essential for assimilation or the synthesis of organic material. In other functions potash can be replaced to a certain extent by other cations (sodium). On this account young plants suffering from a slight deficiency of potash may in the presence of an adequate supply of nitrogen and the other nutrients develop a luxuriant growth of foliage and thus give the impression that potash deficiency tends at this stage to favour the development of the plant. This impression does not continue for long as at a later stage the plant begins to lag in growth and the stalks are stunted so that it assumes a dwarfed appearance. The individual leaves are closer together and the younger leaves are frequently stunted in growth. The leaves lack substance, hang down limply, and the general appearance gives an impression of weakness and feebleness. The older leaves are shed prematurely and the plant appears squarrose and desiccated.

Straw development of grains is not impaired by a slight deficiency of potash (KÖSTLIN 83). When potash deficiency is greater, however, there is reduced growth of straw due to a shortening of the internodes (plates III). The leaves of such short straw hang down limply on account of turgor derangements as, for example, with rye (W. SCHROPP 163). The straw is thin and weak; tillering is reduced and there is a tendency to sprouting (H. WEINMANN 197; W. SCHIECK 159). Rye grass, timothy and canary grass also have a weak development with a lack of turgor (H. VON FEILITZEN 44; H. LINDEMAN 95). The leaves are bent down to the ground. Flax (fig. 22), as well as hemp (fig. 23) suffering from potash deficiency exhibits a typical short, shrub-like growth. Maize has weak stalks which break over in heavy wind. The leaves hang down limply (N. A. PETTINGER 125; W. SCHROPP 163). Sugar cane is retarded in growth and the internodes greatly shortened (C. HARTT 58) (fig. 24). With potash deficiency in sugar beets an excessive development of the leaves occurs in the early period of growth (W. KRÜGER 88). In the later period of growth the stems are shortened. The large leaves, lacking body, droop and rot easily. The lowest leaves die at the same time in large numbers and lie round the beet in the form of a star. The same characteristic indications of a deficiency of potash occur also in mangolds (plate XXIV) (H. NIKLAS 122; J. RUSSELL 145) and beet root (L. G. SCHERMERHORN and W. R. ROBBINS 158). Beets and also chicory have a greater tendency to form bolters when they suffer from a lack of potash (fig. 25) (E. CLAUS 32; E. MÜLLER 116; A. WETZEL 200). With potatoes, potash star-

vation causes the plants to come up sparsely and relatively early which is regarded as a sign that the potash content of the tubers apparently cannot be sufficiently utilized by the growing plant if provision is not made for a continuous potash supply from the soil solution (F. MERKENSCHLAGER 111; W. KRÜGER and G. WIMMER 89; G. ROHDE 143). In later growth, the plants are shortened and thickened. The stem between the individual leaves is shortened, bringing the latter closer together. The plants remain low and leaf setting is limited. Following this early limitation of growth premature dying of the older leaves sets in so that the plants have a squarrose appearance (TH. REMY and H. LIESEGANG 137) (plate XXII). Potash deficiency in tobacco causes small plants with stunted growth (plate LII). The leaves droop and the stems are hollow (E. SCHAFFNIT and A. VOLK 154). Limited and stunted growth as a result of potash deficiency is reported also in the case of clover (J. G. MASCHHAUPT 107), horse beans (JENTSCH 75; W. BRUNS 27), bush beans (W. SCHROPP 163), and peas (G. VEENSTRA and L. DYKHUIS 176). The heads of white cabbage remain small and have a characteristic loose and slack form (fig. 26) (C. H. WADLEIGH 184). In cauliflower the flowers are loose gray-colored, with leaves growing through them (fig. 27) (C. BLATTNÝ 14).

On fruit trees shoot development lags. The summer shoots, beginning at the crown, dry out in June which lends a characteristic appearance to the tree. The dying progresses from the tip of the shoot backwards (G. A. COWIE 34). Incomplete spring growth as well as bad wood and shoot development has been reported in plum trees (T. WALLACE 186). With cherries an early cessation of growth has also been reported (F. VOGEL 181) and apple trees show a poor development of shoots which are, however, remarkably long and are dead at the tips (T. WALLACE 187). Scorched shoot tips occur also on citrus (F. REICHERT and J. PERLEBERGER 133) (fig. 28). The leaves of gooseberry bushes fall off easily so that by the end of September branches are completely bare (F. VOGEL 180). Shedding of the leaves of cotton plants gives field plots lacking potash a characteristic appearance (fig. 29) (H. T. MADDUX 105; D. C. NEAL 118). On grape-vines the leaves hang down limply and drop off at the lightest touch (W. KOTTE 85). The shoots of the vine are very poorly developed. Before the deficiency of potash is indicated in the amount of growth, it is apparent in a reduction of bud formation (fig. 30). The weak development of the wood is striking (E. SCHAFFNIT and A. VOLK 155). When other nutrients are sufficiently applied, the effects of a relative deficiency of potash are shown by a greatly decreased production of grapes even though the vegetative growth is good (LAGATU and MAUME 91).

5. *Inner Structure of the Plant*

The flaccidity of potash starved plants is due anatomically to a deficiency in the development of the supporting tissues or the woody and, in the case of monocotyledons, the sclerotic tissues. Considerable strain is put on the mechanical elements in potash deficient plants on account of the only slight reduction of leaf development in the first stages of potash deficiency, so that the relationship of capacity to requirement is unfavorable.

In oats, potash deficiency results in a very weak development of the supporting tissue (fig. 31) (F. ALTEN and G. GOEZE 3). The epidermal and sclerenchyma cells exhibit rather large lumina and have relatively weak walls. Also, the cells of the vascular-bundle sheaths and of the xylem are very weak-walled and probably are quite valueless as supporting tissues. Still less favourable are the conditions in the vessels distributed in the sclerenchyma ring. The cell walls of the sclerenchyma bordering these vessels show no particular strengthening. Moreover, on both sides of the vessels parenchymatous tissue still occurs with a resultant weakening of the stem walls. In barley, which is in general anatomically weaker than oats



Saccharum officinarum L.

FIG. 13. STENGEL VON KALIMANGELKRANKEN ZUCKERROHRPFLANZEN, DIE MIT LUFTWURZELN BEDECKT SIND

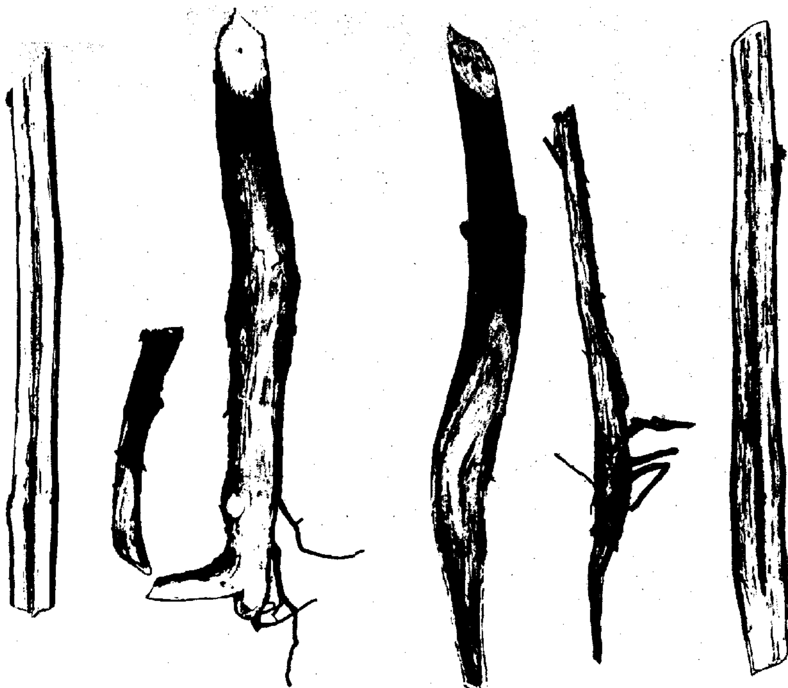
TIGES DE CANNE À SUCRE COUVERTES DE RACINES AÉRIENNES PAR SUITE DE MANQUE DE POTASSE

SUGAR CANE PLANTS SUFFERING FROM POTASH DEFICIENCY. THE CANES ARE COVERED WITH AERIAL ROOTS

(P. STUCH 165; W. ACKER 1; F. ALTEN and G. GOEZE 3), the large lumina of the cells of the epidermis and of the sclerenchyma are especially noticeable. The walls of the cell are weakly developed. The cell walls of the vascular sheath are only slightly thickened. The sclerenchymatous layer is very loose and in structure moreover, very narrow. In potash deficient flax, the fibres are thin walled and oval with broad lumina. The bundles are badly split and frequently consist only of two layers of cells. The union of the fibre and bundles is very bad since the fibres are rather rounded (F. TOBLER 170; F. ALTEN and G. GOEZE 4). In potash deficient potatoes also many vascular bundle groups are only poorly developed (VON BREHMER 23; F. TOBLER 171). The collenchyma is weak and large-celled. The cortical parenchyma has wide-meshed cells, the bast is poorly developed and the medullary rays have little strength (fig. 32). In woody plants, such as grape-vines (E. SCHAFFNIT and A. VOLK 155) and willow (H. ULBRICHT 175), a characteristic of potash deficiency is large-celled, comparatively thin-walled wood. Cross sections of the stem show a very large pith and little wood when potash is deficient. Cuttings from such vines cannot be used in grafting (fig. 33). Cross sections of vine roots also show large-celled, thin-walled wood when potash is deficient (E. SCHAFFNIT and A. VOLK 155) (fig. 34). In peas, growing in a potash deficient nutrient solution with a relatively high lime content, short tough palisade cells are formed, while with sufficient potash the cells have a more youthful character (C. B. SAYRE and B. N. NEBEL 147).

Microscopic study of the spots occurring on potash deficient plants is especially well suited to give an insight into the phenomena attendant upon potash deficiency.

In grasses (Dactylis glomerata and others), the cell degeneration occurring in plants deficient in potash usually begins in the chlorophyll-bearing parenchyma (W. LINDENBEIN 96). Most necrotic cell groups in a very early period are connected in some manner or other with the vascular bundles and are in contact with other tissue. The epidermis is almost without exception invaded by the necrotic cell complexes and is similarly



Gossypium L.

FIG. 14. LÄNGSSCHNITTE DURCH STENGEL UND WURZELN VON BAUMWOLLPFLANZEN

Links: *ausreichend ernährte, gesunde Pflanzen*

Rechts: *Kalimangel; mit Welkekrankheit befallene Pflanzen, die wasserleitenden Gefäße sind braun und schwarz verfärbt*

COUPES LONGITUDINALES DE TIGES ET RACINES DE COTON

à gauche: *plantes saines*

à droite: *manque de potasse: plantes attaquées par la maladie de dépérissement, les vaisseaux ligneux sont colorés en brun et noir*

LONGITUDINAL SECTIONS THROUGH THE STEMS AND ROOTS OF COTTON PLANTS

on left: *healthy plants*

on right: *potash deficiency; plants suffering from wilt. The water conducting tissues exhibit a brown to black coloration*

affected. In most cases the diseased cells spread inward and are then limited by the upper and lower epidermal cells on the sides of the leaves and by the vascular bundles. Since the epidermal cells are always thereby damaged, the entire part of the leaf lying between the veins consists of necrotic cells. While the maximum transverse spreading of the spots is determined by the space between the leaf veins, there is no limit longitudinally. The necrotic complexes exhibit in their texture large, elongated, ovate cavities, while the adjoining healthy tissues consist of regular, round cells. The mesophyll is considerably broken down (fig. 35) and in advanced stages of degeneration the thickness of the leaf is decreased by 30%. Although the healthy and diseased parts of the parenchyma merge gradually into one another the neighbouring cells are also actually affected. The preliminary stages of plasmolytic processes set in in which the cell content (protoplasm, nucleus, and plastids) form a homogeneous mass.

The white spots occurring on crimson clover exhibit similar characteristics. Here also, the phenomena are most evident in the epidermis and mesophyll. In most cases the palisade, parenchyma and adjoining epidermis are degenerated in a similar manner. Since in the leaves of the dicotyledons the mechanical tissue does not spread through the entire section, there is no limitation of necrosis to single intercostal areas. The continuous palisade parenchyma makes it possible for the necrosis to spread past the leaf veins. A tranverse breaking down of the leaf can also be observed in this case.

In sugar cane (T. H. v. D. HONERT 71) when a section is made of the midrib where a leaf spot occurs (fig. 36), it is observed that the spot and discoloration due to deficiency of potash are limited to the upper half of the midrib (plate L). Discolorations that reach through to the lower cells of the parenchyma on the under side of the leaf are not an indication of potash deficiency. If the principal vein is cut three quarters through from below, the leaf broken off at this place by snapping upward, and several layers of the sclerenchymatous cells are detached for several centimeters, investigation of these cells will show that when potash is deficient in the area of the leaf spot there are peculiar, yellowish to dark brown-reddish colored, gum-like formations in the epidermal cells which appear to arise from a swelling of the cell wall. When potash is slightly deficient, these formations made small, regular pellets in the epidermal cell. When potash is greatly deficient these gum-like formations tend to be irregular.

II. Sekundäre Wirkungen des Kalimangels

Einfluß auf die Widerstandsfähigkeit gegen Krankheiten, Schädlinge und Witterungseinflüsse

Noch bevor sich der Kalimangel an einer Pflanze durch äußerliche Veränderung verrät, kann er zu einer Erhöhung der Anfälligkeit und Herabsetzung der Widerstandsfähigkeit gegen Krankheiten, Schädlinge und Witterungseinflüsse führen.

Der Befall durch pilzliche Schädlinge steht in deutlicher Beziehung zu den in physiologischer und anatomischer Hinsicht an den Kalimangelpflanzen gemachten Beobachtungen. So ist es offenbar in gewissen Fällen die Veränderung der Zusammensetzung des Zellsaftes durch Kalimangel, welche fördernd auf den Befall einwirkt; in anderen Fällen spielt die durch Kalimangel verursachte Schwächung der Gewebe eine Rolle bzw. sonstige Veränderungen der anatomischen Struktur der Pflanze, wie z. B. die bei Kalimangel beobachtete Vergrößerung der Spaltöffnungen.

Die mit verschiedenen Getreidearten und Rostarten (Tafel II) durchgeführten Versuche haben zu der übereinstimmenden Feststellung geführt, daß Kalimangel die Anfälligkeit gegen Rost erhöht (WIESE 201; M. EGLITS 42; A. ARLAND 8; T. v. MEER 109; L. KRATSCHMER 86; G. GASSNER und K. HASSEBRAUK 49). Die alte Erfahrung, daß Weizen nach Klee und Hülsenfrüchten besonders rostanfällig ist, erklärt sich mit der durch diese Vorfrüchte bewirkten starken Verarmung des Bodens an Kali, bei gleichzeitiger Anreicherung an Stickstoff (H. PIEPER 129). Mittels der Keimpflanzenmethode war festzustellen, daß Böden, die zu Rostgefahr neigen, besonders arm an pflanzenlöslichem Kali sind (H. NEUBAUER 119). Flachs ist bei Kalimangel in erhöhtem Maße empfindlich für den Rostpilz Melampsora lini (E. BUDBERG 29). Bei Weidedüngungsversuchen wurden im Spätsommer die Gräser auf den kalifreien Parzellen sehr stark von Rost befallen, während auf den mit Kali gedüngten Koppeln ein Rostbefall nicht eintrat (H. SOLL 152). „Baumwollrost", der bei Kalimangel sehr häufig auftritt, ist nach neueren Untersuchungen keine parasitäre Krankheit, sondern eine physiologische Kalimangelerscheinung (H. T. MADDUX 105; L. A. NIVEN 123).

Bei dem Studium des Einflusses der durch die Ernährung bedingten physiologischen Veränderungen auf die Anfälligkeit von Tabak gegen Wildfeuer (Fig. 37), Phytophthora, Mosaikkrankheit, Streifenkrankheit u. a. erwies sich Mangel an Kali bei gleichzeitigem Überwiegen von Stickstoff als Hauptkennzeichen für eine Ernährungsweise, welche die Anfälligkeit stark erhöht (K. BÖNING 17). Die Erhöhung der Anfälligkeit gegen Wildfeuer durch Kalimangel wird durch die durch Kalimangel verursachte Schwächung der Zellstruktur begünstigt. Auf den dünnwandigen Kalimangelpflanzen sind die meisten Beimpfungen erfolgreich, und die Infektionsherde können sich hier am stärksten ausdehnen. Wesentlich ist ferner, daß sich die Spaltöffnungen bei Kalimangel sehr träge schließen, so daß die Pilze weit häufiger geöffnete Stomata finden (A. VOLK 183). Auch das Auftreten der durch Pseudomonas angulata verursachten Schwarzfleckenkrankheit wird durch Kalimangel begünstigt (Fig. 38) (F. D. FROMME 46; E. G. MOSS u. a. 113).

Die Beziehungen zwischen Kalimangel und Parasitismus sind bei mehrjährigen Gewächsen besonders ausgeprägt (E. SCHAFFNIT und A. VOLK 155). Die besten Entwicklungs- und Lebensbedingungen für Plasmopara, den Erreger des falschen Meltaues oder der Blattfallkrankheit bei Reben, ergaben sich in den Versuchsreihen, in denen Stickstoffüberschuß und Kalimangel herrschten. Eine spontane Infektion der Triebspitzen erfolgte nur an Kalimangelreben. Sie war so stark, daß ganze Triebe bis auf drei oder vier Augen verkümmerten. Ähnliche Ergebnisse brachten auch Versuche über die Regenerationsfähigkeit des Pilzes.



Beta vulgaris L. *f. rubra* DC.

FIG. 15. ROTE RÜBE
Links: *ausreichende Kaliversorgung*
Rechts: *starker Kalimangel*

BETTERAVE ROUGE
à gauche: alimentation suffisante en potasse
à droite: fort besoin de potasse

BEET ROOTS
on left: sufficient potash
on right: marked potash deficiency

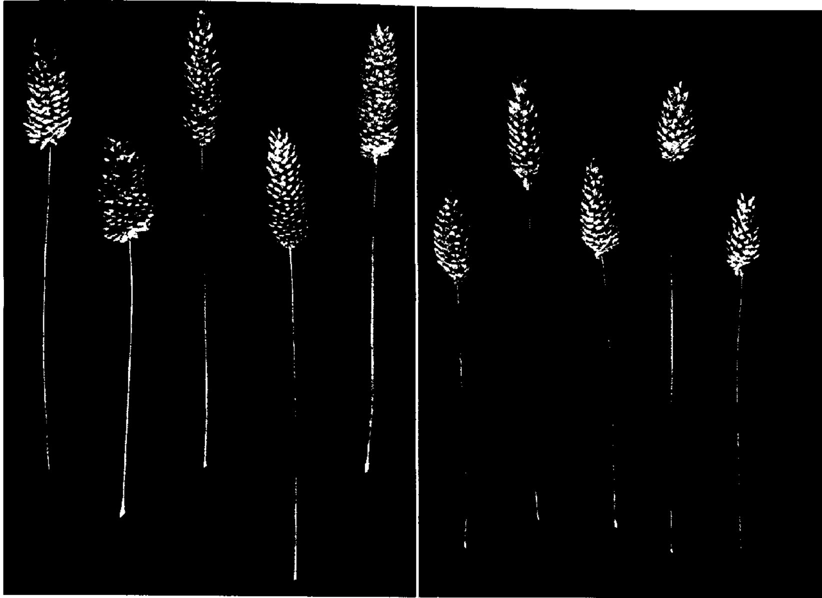
Bei den Versuchen mit echten Meltaupilzen, die an Reben, Apfelbäumen, Stachelbeeren und Johannisbeeren im großen ausgeführt wurden, waren die Kalimangelpflanzen am stärksten befallen. Die Anzahl der gelungenen Infektionen war hier am höchsten, der Zeitraum zwischen der Beimpfung und dem Befall am kürzesten, die Lebensfähigkeit der Parasiten erstreckte sich auf besonders lange Dauer (E. SCHAFFNIT und A. VOLK 155).

Die Schwächung der Wurzel, welche als Folge von Kalimangel eintritt, führt zu einer Erhöhung der Anfälligkeit gegen Wurzelkrankheiten. So steht die durch Fusarium vasinfectum verursachte Welkekrankheit der Baumwolle im Zusammenhang mit Kalimangel, wie aus der Tatsache hervorgeht, daß sie durch Kalidüngung erfolgreich bekämpft werden kann (D. C. NEAL 118).

Auch gegen manche tierische Schädlinge sind Kalimangelpflanzen besonders anfällig, was mit der veränderten Zusammensetzung des Zellsaftes oder der schwächeren Ausbildung der Zellwände in Verbindung stehen dürfte.

An Kartoffeln und an Blumenkohlpflanzen war ein stärkerer Befall der kaliarmen Pflanzen durch Blattläuse zu beobachten (H. M. QUANJER 131), das gleiche wird von Zuckerrüben und Pferdebohnen berichtet (JENTSCH 75)[1]. Da Blattläuse bei der Übertragung von Viruskrankheiten eine Rolle spielen, erklärt sich vielleicht aus der Erhöhung des Befalls bei Kalimangel die oft beobachtete erhöhte Anfälligkeit der Kalimangelpflanzen gegen Viruskrankheiten (H. M. QUANJER 131). Auch der Befall durch Blutläuse wird durch Kalimangel gefördert (K. LUDWIGS 103; L. LOEWEL 97).

[1] Wenn z. B. auf verschieden ernährte gesunde Kartoffeln je Pflanze 10 Blattläuse gebracht wurden so betrug nach etwa 20 Tagen die Zahl der Nachkommen bei Kalimangel je Pflanze 1390, bei normaler Ernährung nur 430 Läuse.



Phalaris canariensis L.

Fig. 16. Kanariengras	Alpiste de canaries	Canary-grass
Links: ausreichende Kaliversorgung	*à gauche: alimentation suffisante en potasse*	*on left: sufficient potash*
Rechts: Kalimangel	*à droite: manque de potasse*	*on right: potash deficiency*

Schädigungen der Zuckerrüben durch Nematoden äußerten sich besonders verheerend, wenn die Rüben bei ungenügender Kaliversorgung wachsen (W. Krüger und G. Wimmer 89a). Bei Tabak (Fig. 39) waren die Schädigungen durch Älchenbefall (Heterodera radicicola) besonders stark bei den an Kalimangel leidenden Pflanzen (G. Hülsen 72).

Die durch Kalimangel bewirkte Schwächung der Pflanzen führt zu einer Verringerung ihrer Widerstandsfähigkeit gegen schädliche Einflüsse der Witterung. Kalimangelpflanzen sind in höherem Maße Schädigungen durch Kälte ausgesetzt als ausreichend mit Kali ernährte Pflanzen. Für die Erklärung dieser Erscheinung hat man den Einfluß des Kalimangels auf den Kohlehydrat- und Eiweißstoffwechsel der Pflanze in Betracht gezogen.

Außer der Beeinflussung der physiologischen Vorgänge in der Pflanze durch Kalimangel kommen aber auch physikalisch-chemische Auswirkungen des Kalimangels in Frage (Blanchard und Chaussin 13). So mag für die größere Frostempfindlichkeit maßgeblich sein, daß Kalimangel die Zellkolloide gegenüber Entquellungsvorgängen weniger widerstandsfähig macht (W. Fuchs 47).

Bei diesen Entquellungsvorgängen spielt die Dauer der Kälteeinwirkung eine große Rolle, weil manche reversiblen Zustandsänderungen mit der Zeit irreversibel

werden. Die Schutzwirkung von Kali ist daher bei länger dauernder Frosteinwirkung deutlicher als bei kürzerer Einwirkung.

Die stärkere Schädigung der Kalimangelpflanzen durch längere Einwirkung der Kälte tritt vor allem bei Pflanzen auf, die bereits gegen oberhalb des Gefrierpunktes liegende niedere Temperatur empfindlich sind (E. SCHAFFNIT und A. WILHELM 156; A. WILHELM 202; F. WOHACK 208). Die Gewebe von Kohlrabi verlieren bei Kalimangel beim Trocknen ihr Wasser viel schneller als solche, die unter reichlicher Kaliernährung gezogen waren und quellen nach dem Eintrocknen bei Wiederanfeuchtung wesentlich weniger auf als die der ausreichend mit Kali ernährten Pflanzen (Fig. 40). Wurde das Mark von Tomatenstengelstücken mit einem Korkbohrer bei Kalimangelpflanzen und bei reich mit Kali ernährten Pflanzen gleich tief am Stengelstück gelöst und der Stengel dann in Wasser gebracht, so trat bei den Kalimangelpflanzen infolge der geringeren Quellbarkeit das Mark wesentlich weniger weit vor als bei den gut mit Kali versorgten Pflanzen.

Das Auftreten und die Art mancher Kälteschäden spricht dafür, daß sie mit einer durch Kalimangel verstärkten Störung des Wasserhaushaltes zusammenhängen.

Wenn Kartoffeln, Tomaten, Bohnen einer Temperatur von 0-2° C ausgesetzt wurden, so zeigten die Kalimangelpflanzen starke Kälteschäden in Form von Vertrocknungserscheinungen auf den Blattspreiten, obgleich der Kalimangel bei diesen Versuchen noch nicht so ausgeprägt war, daß er zu einer Verringerung des Wachstums der Kalimangelpflanzen geführt hatte (A. WILHELM 202).

Die ungünstige Wirkung von Kalimangel auf den Wasserhaushalt unserer Kulturpflanzen, die sowohl in einer Verschlechterung der Wasseraufnahme wie vor allem in einer Erhöhung der Wasserabgabe zu suchen ist, bewirkt auch eine Verringerung der Fähigkeit der Pflanze, Dürrezeiten zu überstehen.

Dieser nachteilige Einfluß des Kalimangels äußerte sich vor allem an heißen Tagen und mittags, also zu einer Zeit, in der die großen Wasserverluste zu wesentlichen Störungen im Haushalte der Zelle führen können (K. SCHMALFUSS 160; G. REISS 136; A. ARLAND 9). Der Wasserverbrauch war bei normal ernährten Pflanzen außerordentlich abhängig von der Witterung, und zwar reagieren sie auf einen Witterungsumschlag zur Trockenheit sofort mit einer Einschränkung der Transpiration, passen sich also in feiner Weise der Verschlechterung der Wasserverhältnisse des Bodens an. Die Kalimangelpflanzen waren dagegen hierzu nicht in der Lage. Die mangelnde Anpassungsfähigkeit der Kalimangelpflanzen an die Witterung wird auch erkenntlich an Hand der Erträge, welche Ackerbohnen im Dauerversuch in feuchten und trockenen Jahren erzielten (W. BRUNS 27). Die Schwankungen auf den normal gedungten Parzellen waren bedeutend geringer als auf den Kalimangelparzellen, wo die Höhe der Erträge viel stärker von der Gunst oder Ungunst der Witterung abhängig war und wo der Ertrag von 13,0 dz im Mittel von fünf feuchten Jahren auf 3,8 dz im Mittel von sechs trockenen Jahren zurückging. Auch auf Grünland wurde bei Versuchen häufig festgestellt, daß die Kalimangelparzellen in Dürrejahren zuerst der Trockenheit zum Opfer fallen.

Die für Kalimangel typischen Erhöhungen der Anfälligkeit gegen gewisse Krankheiten, Parasiten und klimatische Schädigungen wird man nur dann beobachten, wenn tatsächlich eine Infektion oder die Einwirkung abnormer klimatischer Verhältnisse erfolgt. Trotzdem sind sie oft ebenso empfindliche Anzeichen für Kalimangel wie manche der eigentlichen Kalimangelerscheinungen.

Actions secondaires du manque de potasse

Influence sur la résistance
des plantes aux maladies, aux parasites et aux accidents météorologiques

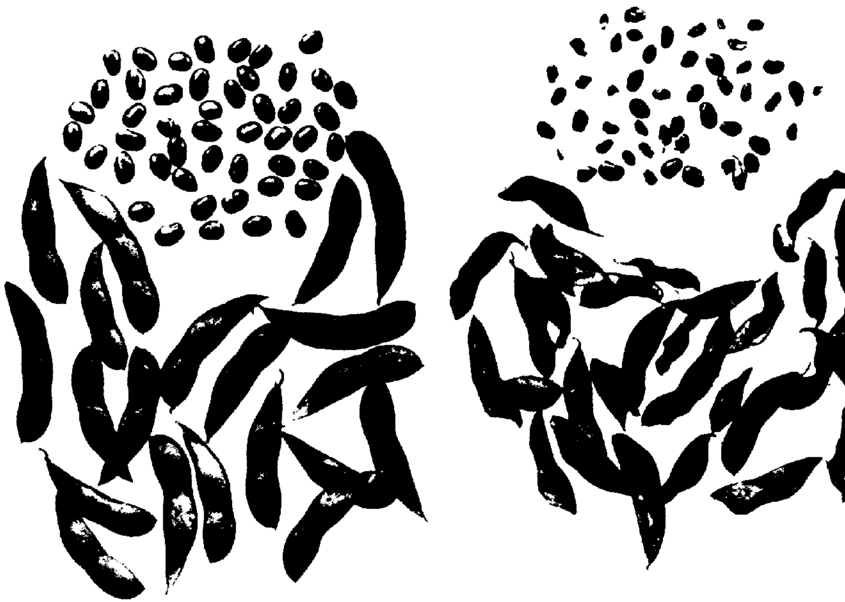
Bien avant que le manque de potasse se manifeste par des signes extérieurs, il peut conduire à une plus grande susceptibilité et à une moindre résistance aux maladies, aux parasites et aux accidents météorologiques.

L'attaque par les parasites fongiques est nettement en relation avec les observations physiologiques et anatomiques. Dans certains cas c'est la modification de la composition du liquide cellulaire par le manque de potasse, qui agit de façon décisive, sur l'attaque. Dans d'autres cas, c'est l'affaiblissement des tissus, ou d'autres altérations de la structure anatomique, qui joue un rôle, par exemple, l'agrandissement observé en cas de manque de potasse dans l'ouverture des stomates.

Les essais faits avec différentes espèces de céréales et de rouilles (tableau 11) ont conduit à la constatation s'accordant que le manque de potasse augmente la prédisposition à la rouille (WIESE 201; M. EGLITS 42; A. ARLAND 8; T. v. MEER 109; L. KRATSCHMER 86; G. GASSNER et K. HASSEBRAUK 49). La vieille expérience que le blé est particulièrement prédisposé à la rouille en culture après le trèfle et les légumineuses, s'explique par l'appauvrissement considérable du sol en potasse par ces cultures précédentes, avec l'enrichissement simultané en azote (H. PIEPER 129). Par la méthode d'analyse aux plantules, d'après NEUBAUER, on pouvait constater que des sols qui sont prédisposés à la rouille, sont particulièrement pauvres en potasse assimilable par les plantes (H. NEUBAUER 119). Le lin manquant de potasse est particulièrement sensible au champignon de rouille Melampsora lini (E. BUDBERG 29). Sur des essais de fumure sur pâturage les graminées étaient très fortement attaquées par la rouille en arrière-saison sur les parcelles «sans potasse», tandisque sur les parcelles «avec potasse» il n'y avait pas de rouille (H. SOLL 152). La «rouille du coton», qui apparait très souvent là où il y a manque de potasse, n'est selon les recherches récentes pas une maladie parasitaire, mais un symptôme physiologique d'un manque de potasse (H. T. MADDUX 105; L. A. NIVEN 123).

Lors des études faites sur l'influence des changements physiologiques, dùs à la nutrition sur la résistance du tabac contre le feu sauvage (fig. 37), le phytophtora, la maladie de la mosaïque, la maladie des rayures etc. le manque de potasse, avec une prépondérance simultanée d'azote, est relevé comme signe principal pour une méthode de nutrition qui augmente fortement la prédisposition à la maladie (K. BÖNING 17). La diminution de la résistance contre le «feu sauvage» à la suite du manque de potasse est favorisée par l'affaiblissement de la structure de la cellule provoqué par le manque de potasse. Sur les plantes à épiderme mince, manquant de potasse, la plupart des vaccinations ont du succès, et les centres d'infection peuvent s'étendre le plus fortement sur ces plantes. Il est de plus à remarquer qu'avec manque de potasse les stomates se ferment très lentement, de sorte que les champignons trouvent bien plus souvent des stomates ouverts (A. VOLK 183). De même l'apparition de la maladie des taches noires, causée par la pseudomonas angulata, est favorisée par le manque de potasse (fig. 38) (F. D. FROMME 46; E. G. MOSS etc. 113).

Les rapports entre le manque de potasse et le parasitisme sont particulièrement prononcés chez des plantes vivaces (E. SCHAFFNIT et A. VOLK 155). Les meilleures conditions de développement et de vie



Glycine hispida Maxim.

Fig. 17. Sojabohne	Soja	Soy-bean
Links: ausreichende Kaliversorgung	*à gauche: alimentation suffisante en potasse*	*on left: sufficient potash*
Rechts: Kalimangel	*à droite: manque de potasse*	*on right: potash deficiency*

pour le plasmopara, le microbe pathogène du mildiou des vignes, se trouvaient dans les rangées d'essais dans lesquelles dominait un excédent d'azote et une déficience de potasse. Une infection spontanée des pointes des pousses n'avait lieu que dans les rangées des vignes manquant de potasse. Elle était si forte, que des pousses entières rabougrissaient jusqu'à 3 ou 4 yeux. Des essais sur la capacité de régénérescence du champignon rapportaient des résultats analogues.

Sur les essais avec des vrais champignons de mildiou qui avaient été faits sur une grande échelle sur vignes, pommiers, groseillers épineux et groseillers à grappes, les plantes soumises au manque de potasse étaient les plus fortement attaquées. Le nombre des infections réussies était alors le plus élevé, la période entre la vaccination et l'attaque la plus courte, et la vitalité des parasites était d'une durée particulièrement longue (E. Schaffnit et A. Volk 155).

L'affaiblissement des racines qui survient à la suite du manque de potasse, amène une prédisposition plus elevée pour les maladies des racines. Ainsi la maladie de fane du coton provoquée par le Fusarium vasinfectum est en rapport avec le manque de potasse, comme il résulte du fait qu'on peut la traiter avec succès par une fumure potassique (D. C. Neal 118).

Les plantes qui manquent de potasse sont aussi spécialement susceptibles à l'égard des parasites animaux, que ce soit par altération de la composition du liquide cellulaire ou par une plus faible constitution de la membrane cellulaire.



Cucumis sativus L.

Fig. 18. Gurke	Concombre	Cucumber
Links: ausreichende Kaliversorgung	*à gauche: alimentation suffisante en potasse*	*on left: sufficient potash*
Rechts: (2 Früchte) Kalimangel	*à droite: (2 fruits) manque de potasse*	*on right: (2 fruits) potash deficiency*

Sur les pommes de terre et plantes de chou-fleur on pouvait observer une attaque plus élevée des plantes manquant de potasse par des pucerons (H. M. Quanjer 131), la même chose est rapportée de betteraves sucrières et de féverolles (Jentsch 75). Si par exemple sur des pommes de terres saines nourries différement on avait mis 10 pucerons par plante, le nombre des descendants était après environ 20 jours de 1390 par plante où il y a manque de potasse, et de 430 pucerons seulement à nutrition normale. Comme les pucerons jouent un rôle dans la transmission de maladies à virus, la prédisposition plus accentuée souvent constatée des plantes manquant de potasse pour les maladies à virus s'explique peut-être par l'attaque plus élevée par les pucerons des plantes (H. M. Quanjer 131). L'attaque par les pucerons lanigères est de même favorisée par le manque de potasse (K. Ludwigs 103; L. Loewel 97).

Les dégâts sur betteraves sucrières par les nématodes sont particulièrement élevés quand elles ont poussé dans des conditions d'insuffisance de potasse (W. Krüger et G. Wimmer 89a). Sur tabac les dégâts provenant de l'attaque par des nématodes (Heterodera radicicola) étaient particulièrement importants sur les plantes souffrant du manque de potasse (G. Hülsen 72) (fig. 39).

L'affaiblissement causé par le manque de potasse conduit à une diminution de la résistance aux accidents météorologiques. Les plantes qui manquent de potasse sont plus exposées aux dommages causés par le froid que les plantes suffisamment nourries en potasse. Pour expliquer cette différence, on a mis en cause l'influence du manque de potasse sur les migrations des hydrates de carbone et des albuminoïdes dans la plante.

En outre de l'influence du manque de potasse sur les processus physiologiques de la plante, entrent aussi en considération des raisons physicochimiques (BLANCHARD et CHAUSSIN 13). Il est possible que la plus grande susceptibilité à l'égard de la gelée, resulte de ce que le manque de potasse modifie le gonflement du colloïde cellulaire dans le sens d'une moindre résistance (W. FUCHS 47).

A cet égard la durée de l'action du froid joue un grand rôle, parce que beaucoup de transformations réversibles deviennent avec le temps irréversibles. L'action protectrice de la potasse est dès lors plus nette pour l'action prolongée du froid, que pour une action de courte durée.

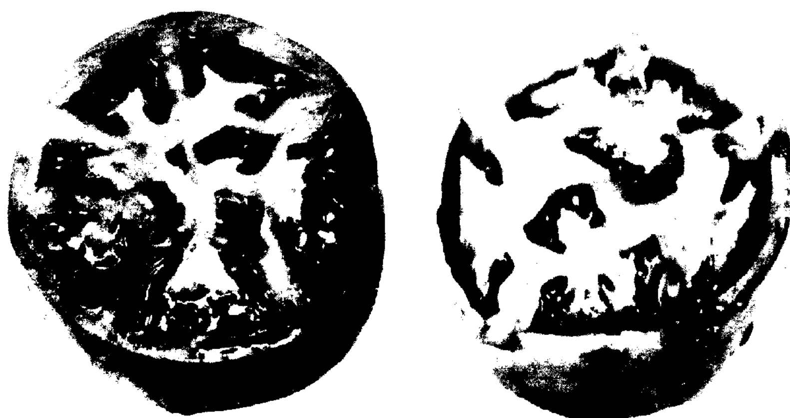
L'endommagement plus sérieux des plantes au manque de potasse par une influence prolongée du froid se fait sentir surtout sur des plantes qui sont déjà sensibles à une température basse mais encore au dessus du point de congélation (E. SCHAFFNIT et A. WILHELM 156; A. WILHELM 202; F. WOHACK 208). Les tissus de choux-raves manquant de potasse perdent beaucoup plus vite, lors du séchage, leur eau que ceux qui ont poussé avec une nutrition riche en potasse, et ils se gonflent, après séchage, à la suite d'une humectation, moins fortement que ceux de plantes pourvues suffisamment en potasse (fig. 40). Si on sépare avec un perce-bouchon la moelle de pièces de tiges de tomates manquant ou bien pourvues de potasse, pour des mêmes longueurs de tige, et qu'on met alors la pièce dans l'eau, la moelle sortait moins fortement, à cause de la capacité réduite de gonflage, chez les plantes à manque de potasse que sur des plants ayant eu un approvisionnement suffisant en potasse.

L'apparition et la nature de beaucoup des dégâts causés par le froid indique qu'ils sont en relation avec des troubles, plus marqués chez les plantes qui manquent de potasse, dans l'économie de l'eau.

Si des pommes de terre, des tomates, des haricots étaient exposés à une température de 0 à 2 C, les plantes manquant de potasse montraient des dégâts considérables de froid sous forme de phénomènes de dessèchement sur l'étendue de la feuille, bien que le manque de potasse sur ces essais n'était pas encore tellement prononcé qu'il ait amené une diminution de la croissance des plantes au manque de potasse (A. WILHELM 202).

L'action défavorable du manque de potasse sur l'économie de l'eau de nos plantes cultivées, qui est à chercher, aussi bien dans une moins bonne assimilation de l'eau, comme surtout dans une augmentation de la transpiration, cause aussi une diminution de l'aptitude de la plante, à surmonter des périodes sèches.

Cette influence préjudiciable du manque des potasse s'exprimait surtout en des journées chaudes et à midi, donc à un moment où les grandes pertes d'eau peuvent provoquer des troubles sérieux dans l'économie de la cellule (K. SCHMALFUSS 160; G. REISS 136; A. ARLAND 9). La consommation d'eau dépendait chez les plantes à nutrition normale d'une façon extraordinaire du temps; c'est qu'elles réagissent sur un changement des conditions météorologiques vers la sécheresse immédiatement par une réduction de la transpiration, elles s'adaptent donc d'une manière fine à l'altération des conditions d'eau du sol. Par contre les plantes au manque de potasse ne pouvaient pas réagir dans ce sens. Le pouvoir réduit d'adaptation des plantes au manque de potasse aux conditions météorologiques est visible aussi à l'aide des rendements que des féverolles ont donnés sur un essai de plusieurs années, humides ou sèches (W. BRUNS 27). Les oscillations sur les parcelles à fumure normale étaient sensiblement moins élevées que sur les parcelles au manque de potasse, où l'importance des récoltes dépendait d'une façon bien plus prononcée du temps favorable ou défavorable et où le rendement tombait de 1300 kg., moyenne de 5 années humides à 380 kg.



Solanum lycopersicum L.

FIG. 19. TOMATE	TOMATE	TOMATO
Links: ausreichende Kaliversorgung	*à gauche: alimentation suffisante en potasse*	*on left: sufficient potash*
Rechts: Kalimangel	*à droite: manque de potasse*	*on right: potash deficiency*

moyenne de 6 années sèches. De même sur des essais de cultures herbagères on a souvent constaté que les parcelles au manque de potasse sont en des années de sécheresse, les premières, la proie de la sécheresse.

L'augmentation typique de la susceptibilité à l'égard de certaines maladies, de parasites et de dégâts climatiques, par manque de potasse, ne seront observés, en fait, que s'il existe une infection, ou une influence de conditions climatiques anormales. Cependant, cette susceptibilité constitue souvent un signe aussi sensible du manque de potasse que beaucoup des apparences qui sont typiques pour le manque de potasse.

Secondary effects of potash deficiency

Influence on resistance to plant diseases, pests and climatic factors.

Before potash deficiency is revealed by external modifications of a plant it may lead to an increase in susceptibility and decrease in resistance to diseases, pests and climatic factors.

There is a clear relationship between fungus infections and the physiological and anatomical features observed in potash deficient plants. In certain cases it is clearly the change in composition of the cell sap which favors infection. In other cases the weakening of the tissues, due to potash starvation, is a factor as are other modifications in the anatomical structure of the plant as, for example, the enlargement of the stomata, observed when potash is deficient.

Experiments carried on with various small grains and forms of rust (plate II) have consistently shown that potash deficiency increases the susceptibility to rust (WIESE 201; M. EGLITS 42; A. ARLAND 8; T. v. MEER 109; L. KRATSCHMER 86; G. GASSNER and K. HASSEBRAUK 49). The fact that wheat following clover and legumes is particularly susceptible to rust is explained by the great depletion of the potash in the soil, accompanied by enrichment in nitrogen brought about by the preceding crop (H. PIEPER 129). By means of the plant seedling method of NEUBAUER it was determined that soils on which crops have a tendency to rust are especially poor in available potash (H. NEUBAUER 119). Potash deficient flax is much more susceptible to the rust fungus Melampsora lini (E. BUDBERG 29). In pasture fertilization experiments the grasses on the plots lacking potash were very badly infected with rust in late summer while on the area fertilized with potash no rust infection occurred (H. SOLL 152). "Cotton rust", which very often appears when potash is deficient, is according to recent research not a parasitic disease, but is a result of functional disturbances due to potash deficiency (H. T. MADDUX 105; L. A. NIVEN 123).

In the study of the influence of nutrition on the susceptibility of tobacco to wildfire (fig. 37), Phytophthora, mosaic, stripe disease, and others, it was found that potash deficiency accompanied by an excess of nitrogen is a characteristic of a system of nutrition which greatly increases susceptibility (K. BÖNING 17). The increase in the susceptibility to wildfire when potash is deficient is favored by the weakening of the cell structure brought about by this deficiency. Most inoculations are successful on the thin walls of potash deficient plants and infection can spread there most vigorously. Furthermore the stomata close very sluggishly when potash is deficient so that the fungi much more frequently find the stomata open (A. VOLK 183). The occurrence of angular leaf spots caused by Pseudomonas angulata is also favored by a deficiency of potash (fig. 38) (F. D. FROMME 46; E. G. MOSS, et al. 113).

The relationship between potash deficiency and parasitism is especially pronounced in perennial plants (E. SCHAFFNIT and A. VOLK 155). The best conditions for the life and development of Plasmopara, the cause of leaf fall disease on grapes, occurred in the experimental series in which nitrogen excess and potash deficiency were predominant. A spontaneous infection of the shoot tip occurred only on potash deficient grape-vines. This infection was so great that entire shoots with the exception of three or four buds died off. Experiments on the regenerative ability of the fungus gave similar results.

In experiments with the true mildew fungi which were carried out on a large scale on grapes, apples, gooseberries and currants, the potash deficient plants were most heavily attacked. In these the number of successful infections was highest and the interval between inoculation and infection shortest, and the viability of the parasite lasted for an unusually long period (E. SCHAFFNIT and A. VOLK 155).

The weakening of the root which occurs as a result of potash deficiency leads to an increased susceptibility to root diseases. The wilt disease of cotton caused by Fusarium vasinfectum is connected with a



Cucumis melo L.

FIG. 20. PLATZEN VON MELONEN BEI KALIMANGEL — MELONS CREVASSÉS PAR MANQUE DE POTASSE — SPLITTING OF MELONS DUE TO POTASH DEFICIENCY

deficiency of potash as is shown by the fact that it can be effectively combated by potash fertilizer (D. C. NEAL 118).

Potash deficient plants are also particularly susceptible to attack by many animal pests. This is possibly due to an altered composition of the cell sap or to a weaker development of the walls.

There was a heavier infestation by plant lice on potash-starved potatoes, cauliflowers (H. M. QUANJER 131), sugar beets and horse beans (JENTSCH 75). For example, when ten lice per plant were placed on variously fertilized and uninfested potato plants, after about twenty days the number of offspring on the potash starved plant was 1390 and on the normally fertilized plant only 430. Since plant lice carry virus diseases, the frequently observed increased susceptibility of potash deficient plants to these diseases is perhaps explained by the increased infestation by aphids on these plants (H. M. QUANJER 131). Infestation by woolly aphis (Schizoneura lanigera) also was favored by potash deficiency (K. LUDWIGS 103; LOEWEL 97).

Injury to sugar beets by nematodes was especially bad when the beets were grown with an insufficient supply of potash (W. KRÜGER and G. WIMMER 89a). On tobacco (fig. 39) injury by grig infestation was especially bad on plants suffering from a deficiency of potash (G. HÜLSEN 72).

The weakening of the plant brought about by potash deficiency leads to a decreased resistance to unfavorable climatic factors. Potash deficient plants are subject to injury by cold to a much greater extent than those well supplied with potash. The influence of potash deficiency on the carbohydrate and protein metabolism of the plant is given as a possible explanation for this phenomenon.

In addition to the influence of potash deficiency on the physiological processes in the plant there is also the question of its influence on physico-chemical reactions (BLANCHARD and CHAUSSIN 13). The greater susceptibility to frost damage may well be due to the fact that potash deficiency renders the cell colloids less resistant to dehydration (W. FUCHS 47).

The duration of the exposure to low temperature is an important factor in these dehydration reactions, for many reversible changes in conditions within the plant become irreversible with a lapse of time. The protective action of potash is therefore more marked in the case of a longer exposure to frost than in the case of a shorter exposure.

The greater injury due to a longer action of cold on potash deficient plants occurs especially on those plants which are sensitive to temperatures even slightly above freezing point (E. SCHAFFNIT and A. WILHELM 156; A. WILHELM 202; F. WOHACK 208). The tissues of kohlrabi deficient in potash lose their water upon drying much more quickly than those grown with liberal applications of potash. Upon remoistening, the potash deficient plants swell much less than those well supplied with potash (fig. 40). If, in variously fertilized tomato plants, the piths in pieces of the stalks are loosened to an equal depth in each case with a cork-borer and the stalks then put in water, the piths are pushed out much less in the case of potash deficient plants than in the case of those well supplied with potash, on account of less swelling in the former case.

The occurrence and the nature of much of the injury due to cold indicate that it is connected with a marked disturbance of water relationships due to potash deficiency.

When potatoes, tomatoes, and beans were exposed to a temperature of 0°—2° C. the potash deficient plants showed considerable injury due to cold in the form of a withered appearance of the leaves, although the deficiency of potash in this experiment was not so marked as to reduce the growth of the potash deficient plant (A. WILHELM 202).

The unfavorable influence of potash deficiency on the water relationships of our cultivated plants, which is due to an impairment of water absorption and especially to an increased emission of water, also decreases the ability of the plant to withstand drought.

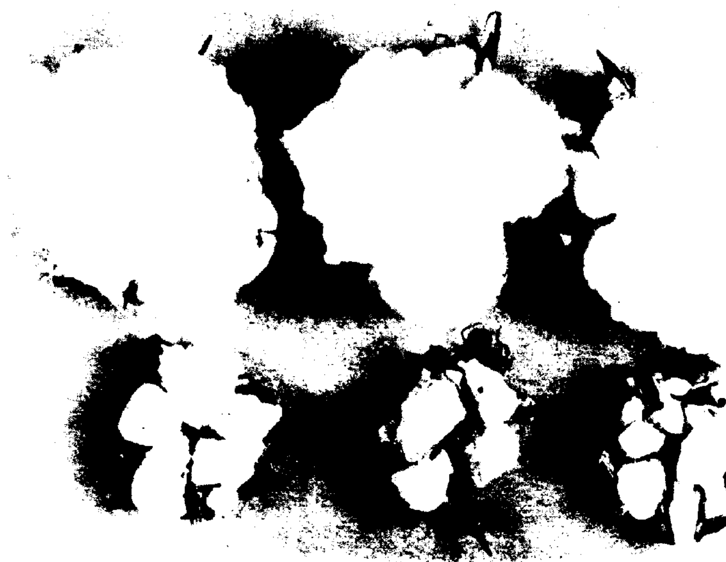
This unfavorable influence of potash deficiency is manifest especially on hot days and at noon, thus at a time when large losses of water can lead to a significant disturbance in the functioning of the cell (K. SCHMALFUSS 160; G. REISS 136; A. ARLAND 9). The water consumption of normally fertilized plants is extraordinarily dependent on the weather and, upon the weather becoming dry, the plants respond immediately with a decrease in transpiration. They thus adapt themselves very effectively to the unfavorable moisture conditions in the soil. The potash deficient plants, on the other hand, are not capable of doing this. The imperfect adaptability to weather of the potash deficient plant was also indicated in a permanent experiment by the yield which field beans produced in moist and dry years (W. BRUNS 27). The variations on the normally fertilized plots were significantly less than on the potash deficient plots. On the latter the yield was much dependent on the favorableness or unfavorableness of the weather, falling from 1170 lbs. for the average of five moist years to 345 lbs. for the average of six dry years. Experiments on meadows have also frequently shown that in dry years the potash deficient plots are the first to suffer from drought.

The increased susceptibility to certain diseases, parasites and climatic injuries typical of potash deficiency is thus only observed when actually an infection or the effects of abnormal climatic conditions follow. However, they are often just as definite indications of potash deficiency as are many of the true phenomena of potash starvation.

III. Kalimangel und Marktwert der Ernteerzeugnisse

Die durch den Kalimangel bedingten Beeinflussungen der Zusammensetzung der Pflanze pflegen sich in Änderungen der Beschaffenheit und des Geschmacks der geernteten Frucht und in Entartungserscheinungen der Zellstruktur auszudrücken, die bei landwirtschaftlichen Ernten einer Beeinträchtigung der Qualität gleichkommen. Die Verschlechterung der Qualität durch Kalimangel ist bei vielen Produkten praktisch noch bedenklicher als der dadurch bewirkte Rückgang der Mengenerträge.

Bei den Getreidearten bewirkt Kalimangel die Ausbildung eines Kornes von geringerem Gewicht (A. JACOB 73). Bei Gerste wird ein für Brauereizwecke ungünstiges Verhältnis von Stärke zu Eiweiß verursacht (H. WEINMANN 197). Bei gekochten Kartoffeln tritt bei Kalimangel ein erhöhter Melaningehalt und damit eine Neigung zum Dunkelfärben beim Stehen auf, und zwar vor allem, wenn der Kalimangel von einem relativen Stickstoffüberschuß begleitet ist (W. VERHOEVEN 177; J. O. BOTJES 19 und 20; J. WLODEK 207; F. MERKENSCHLAGER 110). Der Geschmack von Speisekartoffeln wird durch Mangel an Kali vergröbert (KARTOFFELBAUGESELLSCHAFT 77). Bei Zuckerrüben (W. KRÜGER 88; TH. REMY 138) und Futterrüben (A. JACOB 74) geht unter dem Einfluß des Kalimangels der Zuckergehalt, d. h. die technische Brauchbarkeit bzw. der Futterwert zurück. Der Zuckergehalt von Zuckerrüben betrug z. B. in Vegetationsversuchen bei Kalimangel nur 2,25% gegenüber 15,32% bei normaler Ernährung. Auch die Haltbarkeit der Rüben wird durch Kalimangel vermindert (W. KRÜGER und G. WIMMER 88). Bei Erbsen, die für Konservenzwecke benutzt werden, erschwert der Kalimangel das blanke Verkochen. Auch die Ausbildung zäherer Samenhäute, die unter dem Einflusse eines Überschusses von Kalk über Kali erfolgt, beeinträchtigt die Qualität der Erbse (C. B. SAYRE und B. N. NEBEL 147). Bei Flachs beeinträchtigt Kalimangel durch die Vergrößerung des Lumens der einzelnen Fasern (F. TOBLER 170; F. ALTEN und G. GOEZE 4) sowie eine weniger kompakte Lagerung der einzelnen Fasern zu Faserbündeln die technische Brauchbarkeit der Faser. Bei Gemüse und Obst wird die Haltbarkeit durch Kalimangel erheblich herabgesetzt. Bei der Überwinterung von Karotten, die ohne Kali gezogen waren, waren z. B. 37,5% verfault, während von den ausreichend mit Kali gedüngten Karotten nur 5,6% verfaulten (SCHALLER 157). Bei den verschiedenen Kohlarten verursacht Kalimangel eine lockere Ausbildung des Kohlkopfes, so daß durch eingeschlossene Luft und Feuchtigkeit dem Verderb Vorschub geleistet wird. Der unter Kalimangel gewachsene Kohl weist einen unangenehmen Geruch auf, der vielleicht mit dem höheren Gehalte an Aminen in Verbindung steht (J. REINHOLD und J. KOCHS 135). Zur Herstellung von Sauerkraut ist Kohl, der bei Kalimangel und relativem Stickstoffüberschuß gezogen ist, nicht geeignet; das Kraut ist zu weich, die Farbe dunkel, der Geschmack bitter (C. H. WADLEIGH 184). Bei Sellerie bewirkt Kalimangel, ähnlich wie bei Kartoffeln, ein dunkles Anlaufen der Konserven (G. WENDELMUTH 199). Bei Kirschen bleibt die Größe des Fruchtfleisches bei Kalimangel hinter der normalen Ausbildung zurück (J. KOCHS 81). Äpfel zeigen bei Kalimangel eine typisch unreife Farbe (Tafel XXIX). Bei der Lagerung von Äpfeln waren bei Kalimangel die Verluste beträchtlich höher (L. LOEWEL 98; F. L. OVERLEY 124; T. H. BLOW 15). Bei Orangen wird bei Kalimangel die Schale dicker und das Fruchtfleisch weniger saftig (Tafel XXX). Wichtig für den Versand ist ferner, daß auch die Haltbarkeit der Orangen durch Kalimangel beeinträchtigt wird (H. S. REED



Gossypium L.

FIG. 21. BAUMWOLLKAPSELN	CAPSULES DE COTON	COTTON BOLLS
Oben: ausreichende Kaliversorgung	*en haut: alimentation suffisante en potasse*	*above: sufficient potash*
Unten: Kalimangel	*en bas: manque de potasse*	*below: potash deficiency*

142). Kostproben, die mit Gemüse, Obst sowie Wein angestellt wurden, haben durchgängig ergeben, daß der Geschmack der unter Kalimangel gezogenen Produkte geringer war als derjenige der ausreichend mit Kali ernährten Produkte. Bei Hopfen sowie bei gewissen Arzneipflanzen wurde als Folge von Kalimangel eine Verringerung des Gehaltes an Würzstoffen festgestellt (E. DOERELL 37). Bei Tabak wird durch einen Rückgang des Kaligehaltes eine Verschlechterung der Brennbarkeit (Fig. 41) und damit des Aromas herbeigeführt; die Blätter sind verdickt und mißfarben, sie sind in trockenem Zustande wenig hygroskopisch und daher spröde und brüchig (R. KISSLING 78; P. J. ANDERSON 6 u. 7). Die bei Wiesenfutter durch Kalimangel bewirkte Verschiebung der botanischen Zusammensetzung der Grasnarbe zuungunsten der stickstoff- und kalkreichen Leguminosen setzt den Nährwert des Futters und seine Bekömmlichkeit herab (O. ECKSTEIN 41).

Manque de potasse et valeur marchande des produits récoltés

Les influences du manque de potasse sur la constitution des plantes se traduisent par des modifications de condition et de saveur des fruits récoltés, et en dégénérations de la structure cellulaire, qui sont équivalentes pour les récoltes agricoles à une détérioration de la qualité. L'abaissement de qualité causé par le manque de potasse est pour beaucoup de produits, pratiquement plus inquiétant que la diminution du rendement.

Chez les céréales le manque de potasse provoque la formation d'un grain d'un poids moins élevé (A. JACOB 73). Chez l'orge il en résulte une proportion défavorable pour les buts de la brasserie de l'amidon et de la protéine (H. WEINMANN 197). Chez des pommes de terre cuites il se produit, par manque de potasse, une teneur plus élevée de mélanine et de ce fait une tendance à une coloration sombre à l'exposition à l'air, et cela surtout si le manque de potasse est accompagné d'un excédent d'azote (W. VERHOEVEN 177; J. O. BOTJES 19 et 20; J. WLODEK 207; F. MERKENSCHLAGER 110). Le goût de pommes de terre ménagères est rendu plus âcre (KARTOFFELBAUGESELLSCHAFT 77). Chez les betteraves sucrières (W. KRÜGER 88; TH. REMY 138) et les betteraves fourragères (A. JACOB 74) la teneur en sucre, c'est à dire la valeur technique ou bien la valeur fourragère diminue sous l'influence du manque de potasse. La teneur en sucre des betteraves sucrières ne fut par exemple sur des essais en pots que de 2,25 p. c. au manque de potasse, contre 15,32 p. c. à la nutrition normale. De même le degré de conservation des betteraves est amoindri par le manque de potasse (W. KRÜGER et G. WIMMER 88). Sur pois, destinés à la mise en conserves, le manque de potasse rend plus difficile la bonne cuisson. De même la formation d'écorces plus dures des grains, qui comme il avait été déjà mentionné plus haut se fait sous l'influence d'un excédent de la chaux sur la potasse, diminue la qualité des pois (C. B. SAYRE et B. N. NEBEL 147). Chez le lin le manque de potasse réduit la valeur technique des fibres par le grossissement des lumens de chaque fibre (F. TOBLER 170; F. ALTEN et G. GOEZE 4), ainsi que par un assemblage moins compact des différentes fibres en faisceaux de fibres. Chez les légumes et les fruits le manque de potasse diminue sensiblement la capacité de conservation. A l'hivernage de carottes qui n'avaient pas eu de potasse, il y avait par exemple 37,5 p. c. de pertes par pourriture, tandis que chez les carottes ayant reçu de la potasse, ce chiffre n'était que 5,6 p. c. (SCHALLER 157). Chez les différentes espèces de choux le manque de potasse provoque une formation peu cohérente de la tête de sorte que par l'air et l'humidité qui pénètrent la pourriture est favorisée. Le chou poussé sous manque de potasse a une odeur désagréable qui est peut-être en rapport avec la teneur plus élevée en amines (J. REINHOLD et J. KOCHS 135). Le chou ayant grossi sous un manque de potasse et un excédent relatif d'azote ne se prête pas pour la fabrication de la choucroute; le chou est trop lâche, la couleur foncée, le goût amer (C. H. WADLEIGH 184). Chez le céleri le manque de potasse provoque (cas analogue à celui des pommes de terre) une coloration foncée des conserves (G. WENDELMUTH 199). Chez les cerises le développement de la chair des fruits reste en dessous de développement normal, s'il manque la potasse (J. KOCHS 81). Les pommes montrent, au manque de potasse, une coloration typique du défaut de maturité (tableau XXIX). Lors de la conservation des pommes les pertes étaient sensiblement plus élevées au manque de potasse (L. LOEWEL 98; F. L. OVERLEY 124; T. H. BLOW 15). Chez les oranges l'écorce est plus épaisse au manque de potasse et la chair est moins succulente (tableau XXX). Pour l'expédition



Linum usitatissimum L.

FIG. 22. VERÄNDERUNG DER WUCHSFORM VON LEIN DURCH KALIMANGEL

ALTÉRATION DE LA FORME DU LIN PAR MANQUE DE POTASSE

CHANGES IN THE GROWTH OF FLAX DUE TO POTASH DEFICIENCY

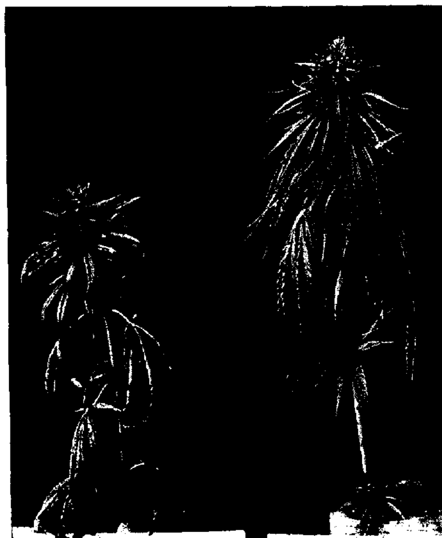
d'oranges il est utile de savoir que le degré de conservation est diminué par le manque de potasse (H. S. REED 142). Des essais de dégustation faits avec des légumes, des fruits et du vin ont donné comme résultat sans exception que le goût des produits ayant manqué de potasse était de beaucoup moins bon que de ceux ayant eu suffisamment de potasse. Chez le houblon ainsi que chez certaines plantes médicinales on a pu constater comme suite du manque de potasse une diminution de la teneur en condiments (E. DOERELL 37). Chez le tabac une régression de la teneur en potasse entraine une altération de la combustibilité (fig. 41) et par cela même aussi de l'arome; les feuilles sont plus épaisses et de mauvaise couleur, elles sont à l'état sec peu hygroscopiques et de ce fait fragiles et cassantes (R. KISSLING 78; P. J. ANDERSON 6 et 7). Le changement de la composition botanique du foin par le manque de potasse aux dépens des légumineuses riches en protéine et chaux, dégrade la valeur nutritive du fourrage et sa convenance (O. ECKSTEIN 41).

Canabis sativa L.

FIG. 23. HANF
Links: *Kalimangel*
Rechts: *ausreichende Kaliversorgung*

CHANVRE
à gauche: *manque de potasse*
à droite: *alimentation suffisante en potasse*

HEMP
on left: *potash deficiency*
on right: *sufficient potash*



Potash Deficiency and the Market Value of Crops

The influence of potash deficiency on the composition of the plant is usually manifest in modifications of the nature and taste of the produce and in the degeneration of the cell structure which, in the case of agricultural crops, impairs the quality. The lower quality due to potash deficiency is in the case of many products, of much more serious consequence than the decreased yield.

In the case of grain crops, potash deficiency causes the formation of grain with a light weight (A. JACOB 73). In barley, it gives rise to a ratio of starch to protein unfavorable for brewing purposes (H. WEINMANN 197). When potash starved potatoes are boiled their increased melanin content causes a tendency to dark coloration on standing. This is especially the case when the deficiency of potash is accompanied by a relative excess of nitrogen (W. VERHOEVEN 177; J. O. BOTJES 19 and 20; J. WLODEK 207; F. MERKENSCHLAGER 110). A deficiency of potash causes table potatoes to have a poor flavor (KARTOFFELBAUGESELLSCHAFT 77). Sugar beets (W. KRÜGER 88; TH. REMY 138) and mangolds, when deficient in potash, have a lower sugar content and thereby a decreased technical and feeding value (A. JACOB 74). In sugar beets growing in pot experiments, for example, the sugar content, when potash was deficient, was only 2.25% compared to 15.32% with normal fertilization. The keeping quality of the beet was also lowered by a deficiency of potash (W. KRÜGER and G. WIMMER 88). With peas for canning, the deficiency of potash makes the open boiling more difficult. The formation of tougher seed coats under the influence of an excess of lime over potash also impairs the quality of peas (C. B. SAYRE and B. N. NEBEL 147). Potash deficiency in flax enlarges the lumina of the individual

fibers and produces a less compact arrangement of the individual fibers into fiber bundles, thus lowering the technical usefulness of the fibers (F. TOBLER 170; F. ALTEN and G. GOEZE 4). The keeping quality of vegetables and fruit is materially lowered by a deficiency of potash. In the case of carrots, stored over the winter, 37.5% of those grown without potash rotted, compared to only 5.6% of those fertilized with the proper amount of potash (SCHALLER 157). Potash deficiency in the various brassicaceous crops causes a looser development of the head thus admitting air and moisture which favor decay. Cabbage grown under a deficiency of potash has an unpleasant odor which perhaps is due to the higher content of amines (J. REINHOLD and J. KOCHS 135). Cabbage grown under a deficiency of potash and a relative excess of nitrogen is not well adapted to the preparation of sauerkraut. The kraut is too soft, the color dark, and the taste bitter (C. H. WADLEIGH 184). Potash deficiency in celeriac or root celery causes a dark discoloration, similarly to that in potatoes (G. WENDELMUTH 199). The amount of flesh in cherries is less than normal when potash is deficient (J. KOCHS 81). Potash deficient apples exhibit a typically unripe color (plate XXIX). There is a considerably greater loss in storage of apples that are deficient in potash (LOEWEL 98; F. L. OVERLEY 124; T. H. BLOW 15). In the case of oranges, the rind is thicker and the flesh less juicy when potash is deficient (plate XXX). Of importance in shipping is the fact that the keeping quality of oranges is impaired when potash is deficient (H. S. REED 142). Tests of vegetables, fruits, and wine have usually shown that the flavor of these crops when grown under a deficiency of potash is markedly poorer than when they are grown with a sufficient supply of potash. In the case of hops, as well as certain medicinal plants, there is a decrease in content of aromatic essences as a result of potash deficiency (E. DOERREL 37). A decrease in the potash content of tobacco causes an impairment of the combustibility (fig. 41) and aroma. The leaves are thickened and discolored. When dry, they are only slightly hygroscopic and, therefore, brittle and easily broken (R. KISSLING 78; P. J. ANDERSON 6 and 7). The change caused by potash deficiency in the botanical composition of the herbage of meadows, to the detriment of the high nitrogen and lime legumes, lowers the nutritive value and wholesomeness of the forage (O. ECKSTEIN 41).

IV. Pathologie des Kalimangels

Die äußerlich erkennbaren Kalimangelerscheinungen — Anomalien in der Entwicklung von Blatt, Wurzel und Frucht und anatomische Veränderungen im Aufbau der Pflanze — sind der sichtbare Ausdruck für die durch Kalimangel gestörten Vorgänge in der Pflanzenzelle. Nur innerhalb enger Grenzen vermag die Pflanze sich einem Mißverhältnis zwischen ihrem normalen Kalibedarf und dem ihr zur Verfügung stehenden Kalivorrat anzupassen, etwa durch haushälterische Verwendung des verfügbaren Kalivorrats, den sie zum Teil durch Aufnahme anderer Kationen, insbesondere Natrium und Kalzium, einzusparen versucht.

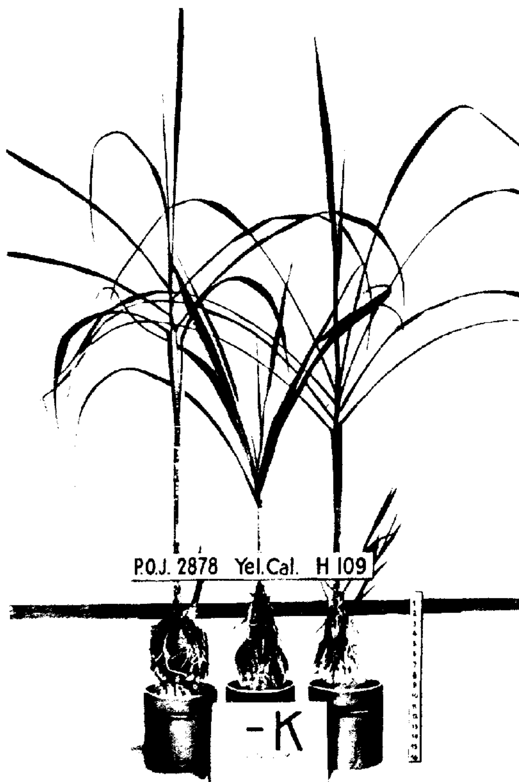
Diese können das Kaliumion nicht ersetzen, aber immerhin vertreten sie es für gewisse Funktionen und ermöglichen es der Pflanze, das vorhandene Kalium für andere wichtige Funktionen bereitzustellen. Die erste Folge einer solchen Vertretung von Kalium durch andere Elemente ist dann ein Rückgang des K-Gehaltes in den vegetativen Organen.

Paul Wagner hat dieses Verhalten benutzt, um durch Analyse von Wiesenheu den Düngerbedarf einer Wiese zu erkennen; sowie der Kaligehalt des Heues unter 2% sinkt, liegt nach seinen Feststellungen schädigender Kalimangel vor.

In den Samen findet ein Ersatz des fehlenden Kalis durch andere Kationen nicht statt; der prozentuale Kaligehalt der Samen erweist sich daher als praktisch unabhängig von der Kaliernährung.

Obgleich Kali kein Bestandteil der Kohlehydrate ist, spielt es eine besondere, noch nicht völlig aufgeklärte Rolle bei ihrer Bildung, ihrem Transport und ihrer Weiterverarbeitung; bei Mangel an Kali werden die zur Bildung und Ablagerung von Kohlehydraten führenden Prozesse erschwert.

Auch die Ausbildung von Eiweiß wird durch eine mangelnde Kaliversorgung gehemmt. Unter sonst gleichen Bedingungen weisen im allgemeinen Kalimangelpflanzen einen höheren N-Gesamtgehalt auf als voll mit Kali ernährte Pflanzen. Das läßt sich darauf zurückführen, daß bei Kalimangel die stickstoffreichen Eiweißbausteine nicht zum Aufbau von Eiweißkörpern verwertet werden können. Der hohe Gehalt an Nichteiweißstickstoff in den kalihungernden Pflanzen ist ein Zeichen eines anormalen Verlaufes des Aufbauprozesses der organischen stickstoffhaltigen Substanzen in der Pflanze.



Saccharum officinarum L.

FIG. 24. ZUCKERROHR

Kalimangelreihe nach 216 Tagen

Das Wachstum war stark beeinträchtigt, der Stengeldurchmesser verkleinert und typische Flecke erschienen an den Blättern. H. 109 hatte nach 152 Tagen wieder Kali bekommen

CANNE À SUCRE

Série à manque de potasse après 216 jours

La croissance fut fortement contrariée, le diamètre des tiges réduit et des taches typiques apparurent sur les feuilles. H. 109 avait reçu de la potasse après 152 jours

SUGAR CANE

216 day old plants from the potash deficiency series

Growth was markedly impaired; the diameter of the canes reduced and characteristic spots appeared on the leaves. Plant H. 109 received an application of potash after 152 days

Auf den Wasserhaushalt der Pflanze übt Kalimangel eine ungünstige Wirkung aus; bei Kalimangel wird zur Erzeugung von 1 g Trockensubstanz eine größere Wassermenge benötigt als bei ausreichender Kaliversorgung. Die größte Rolle bei der Verschlechterung des Wasserhaushaltes durch Kalimangel spielen die Beziehungen zwischen der Transpiration und der Kaliernährung. Die Kaliumionen wirken transpirationshemmend. Bei Mangel an Kali sind die Wasserverluste stärker und ein für Kalimangel typischer Zustand des Welkens wird herbeigeführt.

Die durch Kalimangel bewirkten Veränderungen des Wasserhaushaltes stehen im Zusammenhang mit einer Veränderung der Quellbarkeit der kolloiden Pflanzensubstanz. Einwertige Kationen, wie Kalium, dringen leicht in die Zelle ein, bringen die Oberflächenschichten des Plasmas zur Quellung und fördern die Wasseraufnahme der Pflanzenzelle. Zweiwertige Kationen, wie Kalzium, dringen dagegen sehr schwer ein, sie verhindern die Wasseraufnahme und begünstigen den Wasser-

austritt; Kaliumionen wirken also fördernd, Kalziumionen dagegen hemmend auf die Wasseraufnahme.

Die Vergrößerung der Spaltöffnungen bei Kalimangel, die als eine der Hauptursachen für den größeren Wasserverlust der Pflanzen angesehen wird, beruht darauf, daß infolge der geringeren Quellfähigkeit der Pflanzensubstanz und der mangelhaften Regulationsfähigkeit in den Plasmagrenzschichten der für das Schließen dieser Zellen erforderliche Zelldruck nicht erreicht oder gehalten werden kann.

Die Veränderung der Quellbarkeit des Plasmas der Kalimangelpflanzen ist schließlich nicht ohne Einfluß auf den gesamten Wachstumsrhythmus, da die Zellteilungsvorgänge mit Quellungs- und Entquellungsvorgängen der kolloidalen Kern-, Wand- und Plasmasubstanz zusammenhängen.

Die Veränderungen des Gesamthabitus von Kalimangelpflanzen sind Kennzeichen dieser tiefgreifenden physiologischen Störungen. Infolge unbefriedigten Kalihungers bei noch höherem Grade des Kalimangels erkrankt die Pflanze in allen ihren Organen und stirbt ab, nachdem sie den für ihre erste Jugendentwicklung hinreichenden Kalivorrat im Samen verbraucht hat.

Das Krankheitsbild, welches infolge der Störungen durch Kalimangel auftritt, ist, wie an anderer Stelle ausführlich dargelegt wird, bei verschiedenen Pflanzenarten verschieden. Manche pathologischen Erscheinungen des Kalimangels sind ganz unverkennbar — wie beispielsweise Weißtüpfligkeit bei Klee oder Blaukrankheit der Kartoffelknolle; in anderen Fällen, wie z. B. bei manchen Welkeerscheinungen durch Kalimangel, ist Verwechslung mit Symptomen anderer Ernährungsstörungen nicht ausgeschlossen. In seiner Gesamtheit ist aber das Krankheitsbild auch in diesen Fällen hinreichend spezifisch, um eine eindeutige Diagnose auf Kalimangel zu ermöglichen.

Pathologie du manque de potasse

Les signes de manque de potasse extérieurement visibles, anomalies dans le développement de la racine, du feuillage et du fruit et altérations anatomiques de l'aspect de la plante sont l'expression visible des troubles physiologiques. La plante peut seulement entre d'étroites limites s'accommoder d'une discordance entre son besoin normal en potasse, et la provision disponible, soit en réduisant son développement, soit par une utilisation plus économe de cette potasse disponible, qu'elle cherche à épargner, en partie, par assimilation d'autres cations, en particulier sodium et calcium.

Ceux-ci ne peuvent pas remplacer l'ion potassique, mais seulement le suppléer pour certaines fonctions et rendre possible de réserver le potassium présent pour d'autres fonctions importantes. La première conséquence d'une telle substitution au potassium d'autres éléments est alors une réduction de la teneur en potassium dans les organes végétatifs.

Paul Wagner a utilisé cette réaction physiologique des plantes pour reconnaître par l'analyse du foin de pré le besoin de fumure d'une prairie; au cas où la teneur en potassium du foin tombe au dessous de 2%, il existe d'après ses informations un manque dommageable de potasse.

Dans les graines, un remplacement du potassium manquant par d'autre cations n'a pas lieu; la teneur en K de la graine se montre dès lors indépendante de l'alimentation en potasse.

Bien que le K ne soit pas un constituant des carbohydrates, il joue un rôle particulier pas encore pleinement éclairci dans leur formation, leur migration et leur transformation; par manque de potasse les processus de formation et de mise en réserve sont entravés.

La formation des albuminoïdes est aussi rendue difficile par manque de potasse. Toutes conditions égales d'ailleurs, les plantes manquant de potasse ont en général une plus haute teneur en azote. Il s'en suit probablement, que les aminoacides riches en azote ne peuvent pas être utilisés pour l'édification de corps albuminoïdes. La haute teneur en azote non albuminoïde des plantes ayant faim de potasse est un signe de la marche anormale de l'édification des substances organiques azotées dans la plante.





Cichorium intibus L.

FIG. 25. KALIMANGEL FÖRDERT DAS SCHOSSEN VON ZICHORIE
Oben: *ausreichende Kaliversorgung*
Unten: *Kalimangel*

LE MANQUE DE POTASSE ENTRAÎNE LA MONTÉE À GRAINES DE LA CHICORÉE
en haut: alimentation suffisante en potasse
en bas: manque de potasse

POTASH DEFICIENCY FAVOURS BOLTING OF CHICORY
above: sufficient potash
below: potash deficiency



Brassica oleracea var. sabauda L.

FIG. 26. WIRSINGKOHL	CHOU DE MILAN OU PANCALIER	SAVOY CABBAGE
Links: ausreichende Kaliversorgung	*à gauche: alimentation suffisante en potasse*	*on left: sufficient potash*
Rechts: Kalimangel	*à droite: manque de potasse*	*on right: potash deficiency*

Le manque de potasse exerce une action défavorable sur l'économie d'eau de la plante, celle-ci a besoin pour la formation de 1 g de substance sèche d'une quantité d'eau plus grande que dans le cas d'alimentation suffisante en potasse. Le plus grand rôle dans cette influence nuisible sur l'économie de l'eau résulte des relations entre la transpiration et l'alimentation en potasse. Les ions K agissent comme réducteurs de la transpiration. Par manque de potasse, les pertes d'eau sont plus fortes et l'état de la flétrissure qui en résulte est un signe typique du manque de potasse.

Les altérations de l'économie d'eau sont connexes d'une altération de l'état de gonflement de la substance colloïdale de la plante. Les cations monovalents comme le potassium entrent facilement dans la cellule, font gonfler les couches superficielles du plasma, et favorisent l'assimilation d'eau de la cellule végétale. Les cations divalents, comme le calcium par contre, entrent très difficilement, ils contrarient l'assimilation d'eau et favorisent la sortie de l'eau. Ainsi les ions K favorisent et les ions Ca contrarient l'assimilation de l'eau.

L'augmentation d'ouverture des stomates par manque de potasse est considérée comme une des causes principales des plus grandes pertes d'eau des plantes. Elle-méme est due à une réduction de la pression cellulaire, dans les cellules qui doivent fermer les stomates, causée par le moindre gonflement de la substance végétale dans les couches extérieures du plasma de ces cellules.

L'altération du gonflement du plasma des plantes manquant de potasse n'est enfin pas sans influence sur l'ensemble des rythmes de croissance, car la multiplication des cellules dépend des phénomènes de gonflement et de dégonflement des colloïdes du noyau, des membranes et du plasma.

La formation des taches nécrotiques sur les feuilles des plantes manquant de potasse et l'altération de leur aspect extérieur sont des manifestations de ces altérations pathologiques profondes.

Par suite d'une faim de potasse non satisfaite, dans des conditions encore plus graves de manque de potasse, la plante dépérit dans tous ses organes et meurt,



Brassica oleracea var. botrytis L.

Fig. 27. Blumenkohl	Chou-fleur	Cauliflower
Links: ausreichende Kaliversorgung	*à gauche: alimentation suffisante en potasse*	*on left: sufficient potash*
Rechts: Kalimangel	*à droite: manque de potasse*	*on right: potash deficiency*

après avoir épuisé la provision de potasse de la semence qui suffisait seulement pour ses premiers stades de jeunesse.

La totalité des symptômes qui se montrent comme suite des altérations causées par manque de potasse diffèrent dans les différentes plantes. Certaines manifestations pathologiques du manque de potasse sont tout à fait caractéristiques — comme p. e. les taches blanches aux feuilles du trèfle ou la coloration bleuâtre de la pomme de terre crue. D'autres symptomes comme p. e. certaines flétrissures par manque de potasse peuvent être confondus avec les symptomes pathologiques causés par d'autres formes de malnutrition. Mais dans sa totalité l'image des symptômes de manque de potasse est toujours suffisamment caractéristique pour permettre une diagnose certaine du manque de potasse.

Pathology of Potash Deficiency

The externally recognizable signs of potash deficiency, abnormality in the development of foliage, root and fruit, and anatomical modifications in the structure of the plant are the visible expression of the disturbed functioning of the plant cells brought about by potash deficiency. The plant can adapt itself only within narrow limits to a disparity between its normal potash needs and the amount of this nutrient available for use. This adaptation may be in the form of a more efficient utilization of the limited amount of potash available which it tends to husband in part by the absorption of other cations, especially sodium and calcium.

These cannot replace the potassium ion but take its place for certain functions and thus enable the plants to reserve the potash on hand for other important functions. The first result of such a substitution of potash by other elements is a decrease in the potash content of the vegetative organs.

Paul Wagner has utilized this effect to determine the fertilizer needs of a meadow by analyzing the hay growing on it. If the potash content of the hay dropped below 2% a serious potash deficiency exists, according to his experience.

In the seed a substitution of the lacking potash by other cations does not occur. The percentage potash content of the seed thus is shown not to be dependent on the potash nutrition.

Although potash is not a constituent of carbohydrates it plays a special but not yet fully understood rôle in their formation, transport and elaboration into other products. When potash is deficient, processes leading to the formation and storage of carbohydrates are made difficult.

The formation of protein is also restricted by an insufficient potash supply. Other things being equal, potash deficient plants generally have a higher total nitrogen content than those well supplied with potash. That is due to the fact that when potash is deficient the compounds high in nitrogen out of which protein is synthesized cannot be used for that purpose. The high content of non-protein nitrogen in potash starved plants is an indication of an abnormal course of synthetic processes involving the organic nitrogenous materials in the plant.

Potash deficiency exerts an unfavorable influence on the water utilization of the plant. A larger amount of water is necessary to produce one gram of dry matter when potash is deficient than when it is abundantly supplied. The relat-





Citrus aurantium L. *subspec. japonica* Hook.

Fig. 28. Mandarine
Oben: ausreichende Kaliversorgung
Unten: Kalimangel

Mandarinier
en haut: alimentation suffisante en potasse
en bas: manque de potasse

Tangerine
above: sufficient potash
below: potash deficiency

ionships between transpiration and potash nutrition are the biggest factors in the impairment of the water economy of the plant when potash is deficient. The potassium ion tends to reduce transpiration. In the case of a lack of potash the water loss is greater, and wilting, typical of potash starvation, results.

The modifications of the water relationships brought about by potash deficiency are related to a modification of the swelling power of the plant's colloidal materials. Monovalent ions, such as potassium, penetrate easily into the cells, cause a swelling of the surface layer of the plasma, and promote the absorption of water by the plant cells. Divalent ions, such as calcium, on the other hand, penetrate with great difficulty. They hinder the absorption and favor the escape of water. Potassium ions thus exert a favorable effect on water absorption. Calcium ions, on the other hand, have a restraining influence.

The enlargement of the opening of the stomata when potash is deficient, which is regarded as one of the principal reasons for the great loss of water from the plant, is due to the fact that because of the lower swelling capacity of plant material and the lower regulating ability in the plasma demarcation layers, the cell pressure necessary for the closing of these cells cannot be reached or maintained.

The modification of the swelling ability of the plasma of potash deficient plants is finally not without influence on the whole rhythm of growth, since cell division processes are connected with the swelling and shrinking of the colloidal nuclear, wall and plasma material.

The formation of necrotic spots on the leaves of potash deficient plants and the modification of its entire morphology are manifestations of these radical physiological disturbances. With a still greater degree of potash deficiency, all parts of the plant suffer from potash starvation and die after they have used the potash supplied by the seed, which is sufficient for the first period of growth.

As has been described elsewhere, the outward symptoms produced by potash deficiency may differ according to the species of plant affected. Many of the pathological manifestations of potash deficiency are, however, quite unmistakable as such, e. g. white spot disease on clover; the blue discoloration of the flesh of raw potato tubers. On the other hand symptoms such as certain forms of wilt due to potash starvation may be confused with similar phenomena produced by other nutritional deficiencies or disturbances. Even in such cases, however, the picture presented by the potash deficient plant is, taken as a whole, specific enough to permit of an accurate diagnosis.

Zweiter Teil

Kalimangelerscheinungen bei einzelnen Kulturpflanzen

Deuxième Partie

Signes de manque de potasse chez les différentes plantes cultivées

Second part

Potash Deficiency Symptoms on Various Cultivated Crops

I. Maize and other Cereals

by DR. G. N. HOFFER, Manager, Midwest Territory, Potash Institute, WASHINGTON, D. C.

1. Recognition of Potassium Deficiency

With the small grains and maize, the dominant characteristics of potash starvation are very similar. The common symptoms are stunted growth of the plants; marginal leaf "scorch" or "firing", with later death of the leaves beginning with the oldest leaves; and poorly developed, weak, shrivelled grain.

The use of these potash deficiency symptoms in the field is difficult with winter wheat in particular, because so many other factors operate to produce other damaging effects on the leaves. Winter freezing injuries, nitrogen shortages in early springtime, insect pests and fungous parasites all often contribute to complicate field diagnoses. Under these conditions, the use of rapid chemical tests (THORNTON, CONNER and FRASER 169) becomes a distinct advantage in diagnosing potash deficiency in this crop in the field.

The foliage symptoms of potash deficiencies of maize plants are very definite and, wherever found, are easily diagnosed. HOFFER (66, 67, 68), PETTINGER (126, 128), THORNTON (167), COOPER and ROGERS (33), and others, have described these symptoms. Plate IX illustrates the marginal firing or edge scorch of the leaves of young maize plants. Whether on young leaves or older ones, the marginal firing is the one constant characteristic. In some cases, particularly on soils that are alkaline in reaction and well supplied with nitrogen and available phosphates, the firing of the leaf edges develops without any considerable yellowing or streaking of the leaves. On acid soils, frequently deficient in phosphates also, the leaves may become yellow streaked between the veins along with the marginal firing.

These symptoms are found in widely separated locations in the U. S. A. They occur most frequently in sandy soils, in alkaline soils where the alkalinity is due to a high content of lime, and in mucks. They are found also in soils which have been phosphated and limed over a period of years. In such fields, intensive cropping and the removal of the potash by the plants has brought about the depletion of the available soil potash. BRAY (21) and SEARS (148) have described what has happened to many soils in Illinois as the result of their being managed under a grain system of farming, including the use of lime and phosphates. BRAY (21) states that the corn (maize) crop is the most sensitive, clover next, and wheat and oats the least, to deficiencies in the supply of available potassium. When corn (maize) responds profitably to potash, he regards the soil as deficient for all crops. Hence, the importance of diagnosing potash deficiency symptoms of the maize crop is emphasized in Illinois agriculture.

When maize plants are still in the early stage of growth, it is possible to side-dress the plants with potash salts and correct the deficiency.

GARRARD (48) has obtained profitable responses from side-dressing young maize plants in Iowa and Illinois. After diagnosing the symptoms of potash starvation in the young maize plants and applying muriate of potash at the rate of 200 pounds per acre in early July, the following results were obtained:



Gossypium L.

Fig. 29. Baumwolle — *Links: Kalimangel* — *Rechts: ausreichende Kaliversorgung*

Coton — *à gauche: manque de potasse* — *à droite: alimentation suffisante en potasse*

Cotton — *on left: potash deficiency* — *on right: sufficient potash*

Location of Experiments 1935	Average Yield per acre		Average Increase in yield per acre	
	Without Potash Bushels	With Potash Bushels	Total Yield Bushels	Marketable Maize Bushels
Average of 15 tests on high lime soils in Iowa	34.5	50.3	15.8	12.8
Average of 3 tests on acid, poorly drained soils in So. Illinois	18.3	26.8	8.5	8.2

These results show that the recognition of these early foliage symptoms of potash deficiency in young maize plants becomes of much practical value. They demonstrate also the importance of potash in maize culture and growers already are using more potash in their fertilizers at planting time instead of making the supplementary side-dressing applications.

All crop plants require abundant supplies of available potassium for normal growth and development. Bartholomew and Janssen refer to "luxury" feeding of potassium by various crops, including oats, wheat, and corn (maize), and attribute it to the special needs of these plants for potassium. As soon as the soil supply of available potassium becomes low, the plants, in order to maintain growth, translocate the potassium salts from the older to the younger leaves and growing parts (Bartholomew and Janssen 11, 12; Dowding 38). This results in physiological disturbances within the plant, and the production of the definite symptoms which have just been described. These investigators emphasize the

importance of recognizing this situation early, and predict the necessity of making annual additions of potassium fertilizers to the soil as the process of building up a supply of available potassium.

2. *Lodging and Root Rot Symptoms*

The lodging of small grain and maize plants presents a complex problem involving hereditary factors as well as those of malnutrition and climatic conditions.

Recent contributions by SEARS (148, 149), TUBBS (173), BRAY (21), PETTINGER (127) and others, on this subject show that soil deficiencies of available potassium are quite important. It is for this reason that lodging may be regarded as a symptom of potassium deficiency but should in all cases be correlated with other symptoms in a definite diagnosis.

HOLBERT and KOEHLER (70) give the results of their studies on the anchorage capacities of maize plants. They used a very unique system of levers for pulling maize plants from the soil and measured their "pulling resistance" in actual pounds. By comparing root-rot susceptible strains of maize with good strains they showed that the extent and distribution of root systems are important hereditary factors in determining the economic importance of different strains of maize and their adaptability to various soil conditions. WILSON (205), WELDON and MORRIS (198), CLARK and WILSON (30) and HALL (57), have reported also on various causes of lodging of maize and small grains but interpret the differences in resistance to lodging on the basis of hereditary characters.

PETTINGER (127) studied the effects of fertilizers, crop rotations and weather conditions on the anchorage of maize plants. Using the methods of HOLBERT and KOEHLER (70) he found that potash fertilizers greatly improved the anchorage (pulling resistance) of the plants in the potash deficient soils with which he worked.

SMITH and BUTLER (153) have shown that the roots of wheat plants grown in potassium deficient solutions are short, stubby, and of a dull white color, as contrasted with well branched, fibrous roots in complete nutrient solutions.

BRENCHLEY and JACKSON (24) observed that fertilizers containing potassium stimulated greater root growth in barley. NIGHTINGALE and others (121) emphasize the importance of potash in chunky root development in sweet potatoes.

When maize plants grow under conditions of deficient available potassium, it has been found (HOFFER 66, 67) that iron compounds accumulate in the node tissues and disrupt the translocation of foods from the leaves to the roots. The nodal tissues become dark purplish brown in color and break down. The roots which are always dependent on the above-ground parts of the plants for their food supplies are weakened and thereby predisposed to injuries by many of the fungi inhabiting the soils in which maize has grown for some time. When the roots become rotted the weakened plants may lean over or completely lodge. Lodging of the plants has consequently become an important symptom indicating a deficiency of available potassium.

Vitis vinifera L.

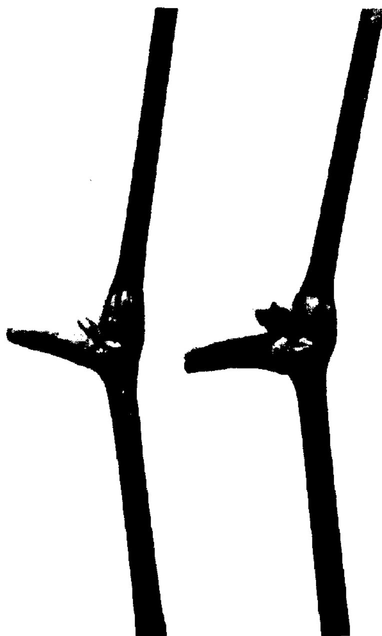


FIG. 30. WIRKUNG VON KALIMANGEL AUF DIE TRIEBSTÄRKE VON REBEN (SORTE RIESLING)

Links: *Kalimangel*
Rechts: *ausreichende Kaliversorgung*

ACTION DU MANQUE DE POTASSE SUR LA VIGUEUR DES BOURGEONS DE VIGNE (SORTE RIESLING)

à gauche: *manque de potasse*
à droite: *alimentation suffisante en potasse*

EFFECT OF POTASH DEFICIENCY ON BUD DEVELOPMENT IN GRAPE-VINES (VARIETY: RIESLING)

on left: *potash deficiency*
on right: *sufficient potash*

3. Importance of Hereditary Factors in the Diagnosis of Potash Deficiency Symptoms

KOSTYTSCHEW and ELIASBERG (84), JONES and HUSTON (76), SMITH and BUTLER (153), AMES and GERDEL (5), GILBERT and HARDIN (50), MCCOOL and WELDON (108), PETTINGER (126), HOAGLAND and MARTIN (62, 63), MORRIS and SAYRE (115), LOWRY (102) and others, are all in agreement on the solubility and mobility of potassium in plants. The general conclusion is that the content of potassium in the expressed juices of maize plants and other crops, reflects in a large measure the relative availability of potassium in the soil.

HOAGLAND and MARTIN (63) state that availability, however, is not merely a question of the chemical state of soil nutrients, but also of the physiological capacity of the root cells for absorption and of the extent of root development. This viewpoint is important because it accounts for differences among individual plants in most varieties of crops. Some maize plants will show typical foliage symptoms of potash starvation before others; some strains of maize will accumulate iron compounds more rapidly than other plants of a different strain in adjacent rows in the field; some wheat varieties lodge more readily than others; some varieties of maize will respond more quickly than others to potash applications.

Physiological responses, either of a beneficial or detrimental character (pathological), are to a large degree dependent upon the genetical composition of the plants. They require, however, suitable conditions for the full expression of these hereditary characters. Different inbred strains of maize will show the symptoms of potash

deficiency at different levels of potassium depletion of the soil. Some strains have greater capacities to absorb potassium from the soil than others. By crossing widely different inbred strains, hybrids with intermediate capacities to absorb potassium are obtained (HOFFER 68). Accordingly, in attempting to diagnose potash deficiency symptoms under field conditions, weight must be given to the fact that these hereditary differences exist among the individual plants.

BRAY (21) in describing his researches on potassium availability in Illinois soils, offers an interesting explanation of "positional" availability of potassium in the soil. He estimates that approximately 20 per cent of the total replaceable potassium in the upper 14 inches of soil is within the reach of maize roots for absorption. BRAY suggests that some of the value of hill and row fertilization of this crop resides in the better "positional" availability when localized in this manner, which, when considered with hereditary differences in the ability of maize plants to produce adequate root systems, is quite important from the standpoint of fertilizer applications.

4. Confirmation of Deficiency Symptoms in Maize by Chemical Tests

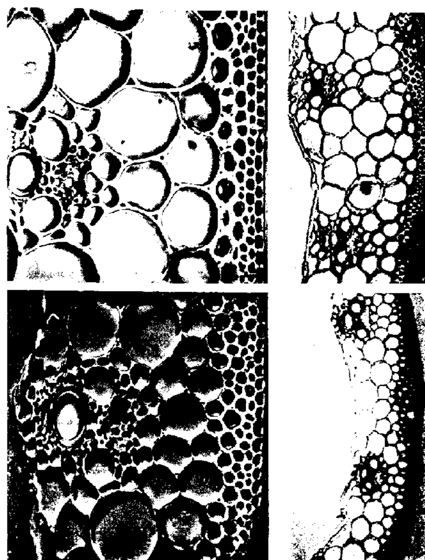
Since applications of potash salts prevent the accumulation of iron compounds in harmful amounts in the nodal tissues of maize plants (HOFFER 66), the iron accumulations are used to indicate potassium deficiencies (plate x). This symptom supplements other diagnostic evidence when interpreting potassium availability in soils used in maize culture. The iron accumulations are detected by applying an acid solution of potassium thiocyanate to the nodal tissues of corn stalks when cut open lengthwise.

ECKSTEIN and JACOB (39) have reported on the use of this iron-potassium antagonism in determining the need for potash in maize fields in Germany and South Africa. The results obtained in their field tests confirmed the iron-potassium antagonism as reflected by accumulations of iron in the nodal tissues of the maize plants. The physiological reasons for this iron-potassium antagonism are unknown. It presents a most interesting research problem.

PETTINGER and THORNTON (128) used the tests for iron accumulations in maize plants and obtained a very strong correlation between the results of the stalk tests and his sap analysis determinations of potash. In plants with heavy accumulations of iron in the nodal tissues the lowest concentration of potassium in the plant sap was found. The converse was also true. Correlated with these heavy iron accumulations, is the characteristic marginal firing of the leaves, also a symptom of potash starvation.

ALLYN (2) describes an interesting series of maize stalk tests. Using the accumulations of iron in the nodal tissues as evidence, he shows that liming a soil results in heavier deposits of iron in the nodal tissues, but when extra potash is applied with the lime, the iron deposits are less. His data indicate that lime-induced chlorosis of maize plants is not the result of iron becoming locked up in the soil, but rather the result of a disturbance of iron metabolism and translocation in the plant, a condition corrected by the use of barnyard-manure or potash salts.

PORTER (130) in studying the fungous flora of the nodal tissues of maize plants, found that the tissues with large deposits of iron in them were strongly invaded by many fungi and bacteria which contributed to the further breakdown of these important tissues of the maize plant. It is evident that potassium in controlling these deposits of iron, directly favors a better sanitary condition of these plant parts.



Avena sativa L.

FIG. 31. QUERSCHNITT DURCH HAFERHALME
Oben: *ausreichende Kaliversorgung*
Unten: *Kalimangel*

COUPES TRANSVERSALES DANS LA TIGE D'AVOINE
en haut: *alimentation suffisante en potasse*
en bas: *manque de potasse*

CROSS-SECTIONS THROUGH OAT STALKS
above: *sufficient potash*
below: *potash deficiency*

The use of semi-quantitative chemical tests on plant tissues was proposed by HOFFER in order to confirm the diagnosis of deficiency symptoms displayed by maize plants. Under field conditions, at times various injuries to the maize leaves presented symptoms which were somewhat difficult to interpret. If the leaves were yellow, with rather indefinite tip and marginal injuries, a solution of diphenylamine in sulphuric acid was used. A few drops of this test solution applied to the leaves or to exposed stalk tissues would indicate quickly whether the plant was deficient in nitrate nitrogen, and whether the leaf symptoms were due to nitrogen starvation. The iron accumulations in the nodal tissues, detected by chemical tests, would indicate whether the marginal firing of the leaves was due to potassium starvation. In all cases, the chemical tissue tests were advocated as a supplementary aid in the diagnosis of these nutrient deficiencies.

THORNTON (169) has described other methods for testing plant tissues. He has prepared solutions of chemicals which can be used both for plant tissue and soil tests in the field. His testing outfit is used for diagnosing nitrogen, phosphoric acid and potash deficiency symptoms. In calibrating his soil tests, he used the results of NEUBAUER soil tests as a basis.

Plant tissue tests have another distinct advantage because they frequently reflect encroaching potassium deficiencies before the appearance of any leaf injuries, or other observable symptoms. For this reason, they have been included in this discussion of starvation symptoms of small grains and maize. They have already

proved to be of much practical value in the field. They supply convincing evidence to growers contemplating the use of needed plant foods.

Summary

When potassium deficiency symptoms are found, the supply of available potash in the soil is very low, and in the great agricultural countries of the world the problem of growing future crops becomes a question of supplying the needed potash. In this connection a recent pronouncement by representatives of the Illinois Agricultural Experiment Station, one of the most important grain growing centres in the world, may be quoted:

> "The old belief that Illinois soils contained plenty of potash which could be made available by proper farming methods has now been definitely discarded. Much of the potash in our soils is 'inexhaustible' only because it is so tightly locked up that the plants cannot obtain it in amounts sufficient for good growth. No system of farming or treatment practice is known which will markedly affect the yearly rate at which more potash becomes available to crops . . . Many farmers, not understanding their potash deficiency, have decided to let well-limed and phosphated land revert to pasture or weeds, whereas the use of a little potash would make those fields the richest on their farm . . ."

No better evidence can be offered to emphasize emphatically the economic importance of becoming thoroughly acquainted with the distress signals of potassium starved plants. They are the guide posts which will lead observant growers toward profitable crop production in the future.

Maïs et autres céréales

1. Reconnaissance du manque de potasse

Pour les céréales et le maïs, les caractéristiques dominantes de la faim de potasse sont similaires. Les symptômes ordinaires sont une croissance réduite des plantes, une «grillure» ou «brûlure» des bords des feuilles, suivies de leur mort en commençant par les feuilles les plus vieilles; et, enfin, un grain peu développé, faible et ridé.

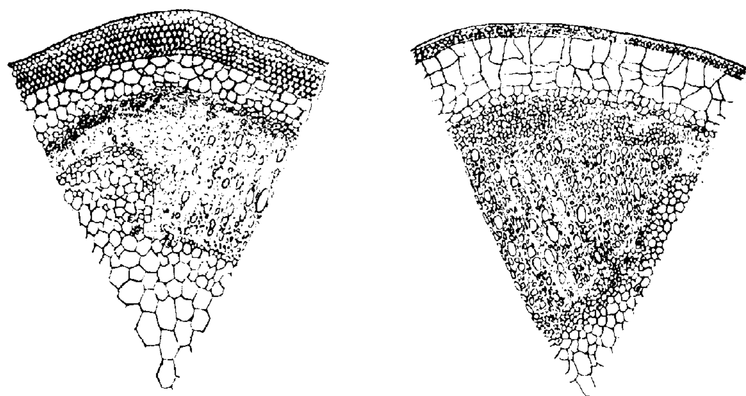
L'emploi de ces symptômes de manque de potasse dans le champ est difficile avec le blé d'hiver parce qu'il y a beaucoup d'autres facteurs qui peuvent causer d'autres effets nocifs sur les feuilles. L'action de la gelée, le manque d'azote au premier printemps, les parasites insectes et cryptogames, compliquent aussi les diagnoses sur le terrain. Dans ces conditions, l'emploi de tests chimiques rapides (THORNTON, CONNER et FRASER 169) devient donc un avantage sérieux pour diagnostiquer le manque de potasse dans cette récolte sur le terrain.

Les symptômes du feuillage pour le manque de potasse des plantes de maïs sont très bien définis et faciles à reconnaître. HOFFER (66, 67, 68), PETTINGER (126, 128), THORNTON (167), COOPER et ROGERS (33), et autres, ont décrit et représenté ces symptômes (tableau IX). Le tableau B montre les brûlures marginales et la grillure des bords des feuilles des jeunes plantes de maïs. Le tableau C montre les symptômes des feuilles de plantes plus âgées. Que ce soit sur des feuilles jeunes ou vieilles, la brûlure marginale est une caractéristique constante. Dans quelques cas, et particulièrement sur des sols à réaction alcaline et bien pourvus d'azote et de phosphate assimilable, la brûlure des bords des feuilles se développe sans jaunissement ou panachure des feuilles. Sur les sols acides, qui manquent aussi fréquemment de phosphates, les feuilles peuvent devenir jaunes, panachées entre les nervures, en même temps que brûlées sur les bords.

Ces symptômes sont trouvés dans des endroits très éloignés des États-Unis. Ils se produisent plus fréquemment dans les sols sablonneux, dans les sols alcalins dont l'alcalinité est due à une haute teneur en chaux, et dans les sols tourbeux. On les trouve aussi dans des sols qui ont été phosphatés et chaulés pendant une série d'années. Là, des récoltes intensives et l'enlèvement de la potasse par les plantes ont conduit à la pauvreté en potasse assimilable du sol. BRAY (21) et SEARS (148) ont décrit ce qui est arrivé à beaucoup de sols en Illinois comme résultat d'un système de culture pour la production du grain, comprenant l'emploi de chaux et de phosphates. BRAY (21) montre que la récolte de maïs est la plus sensible, puis le trèfle et, enfin, le blé et l'avoine, aux déficiences dans la fourniture de potasse assimilable. Quand le maïs répond à l'apport de potasse, il regarde ce sol comme déficient pour toutes les récoltes. De là, l'importance de bien diagnostiquer les symptômes de manque de potasse pour le maïs pour ce qui concerne l'agriculture de l'Illinois.

Quand les plantes de maïs sont encore dans leur premier stade de croissance, il est possible de leur donner une fumure en couverture avec des sels de potasse et de corriger l'insuffisance.

GARRARD (48) a obtenu des résultats profitables en appliquant des fumures en couverture au maïs jeune en Iowa et Illinois. Après avoir diagnostiqué les symptômes de manque de potasse et appliqué



Solanum tuberosum L.

FIG. 32. RADIALSCHNITT DURCH DEN STENGEL VON KARTOFFELSTAUDEN — COUPE RADIALE DANS LA TIGE DE POMME DE TERRE — RADIAL SECTIONS THROUGH THE STALKS OF POTATO PLANTS

Links: *ausreichende Kaliversorgung* — *à gauche: alimentation suffisante en potasse* — *on left: sufficient potash*

Rechts: *Kalimangel* — *à droite: manque de potasse* — *on right: potash deficiency*

le chlorure de potassium à raison de 200 livres par acre au début de Juillet, les résultats suivants furent obtenus:

Situation des expériences 1935	Récolte moyenne par acre		Augmentation moyenne en récolte par acre	
	Sans potasse Bushels	Avec potasse Bushels	Récolte totale Bushels	Maïs vendable Bushels
Moyenne de 15 essais sur des sols hauts, calcaires de Iowa	34,5	50,3	15,8	12,8
Moyenne de 3 essais sur des sols acides, médiocrement drainés en Sud-Illinois .	18,3	26,8	8,5	8,2

Ces résultats montrent que la reconnaissance des premiers symptômes de manque de potasse sur le feuillage dans les jeunes plantes de maïs devient d'une grande valeur pratique. Ils démontrent aussi l'importance de la potasse dans la culture du maïs et les cultivateurs utilisent déjà plus de potasse dans leurs engrais au moment de la plantation, au lieu de faire les fumures supplémentaires en couverture.

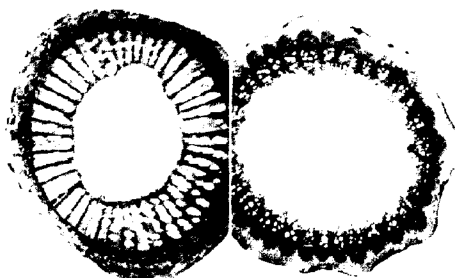
Toutes les plantes cultivées ont besoin de fournitures abondantes de potassium assimilable pour se développer et croître normalement. BARTHOLOMEW et JANSSEN mentionnent la consommation très considérable du potassium par diverses récoltes, notamment avoine, froment et maïs et l'attribuent au besoin spécial de ces plantes pour le potassium. Dès que la provision du sol en potassium assimilable s'abaisse, les plantes, afin de maintenir leur croissance, transportent les

Vitis vinifera L.

FIG. 33. STENGELQUERSCHNITTE VON REBEN
Links: *ausreichende Kaliversorgung*
Rechts: *Kalimangel*

COUPES TRANSVERSALES DE VIGNE
à gauche: *alimentation suffisante en potasse*
à droite: *manque de potasse*

CROSS-SECTIONS THROUGH THE STEMS OF GRAPE-VINES
on left: *sufficient potash*
on right: *potash deficiency*



sels de potasse des feuilles les plus vieilles vers les jeunes et les organes en croissance (BARTHOLOMEW et JANSSEN 11, 12; DOWDING 38). Il en résulte des troubles physiologiques dans la plante et la production de symptômes définis qui ont, précisément, été décrits. Ces chercheurs insistent sur l'importance de diagnostiquer assez tôt la situation, et préconisent la nécessité de faire des apports annuels d'engrais potassiques au sol afin d'y constituer une provision de potassium assimilable.

2. *La verse des céréales et du maïs, et la pourriture des racines*

La verse des céréales et du maïs présente un problème complexe dans lequel jouent des facteurs héréditaires aussi bien que ceux de mauvaise nutrition et de conditions climatériques.

Des contributions récentes par SEARS (148, 149), TUBBS (173), BRAY (21), PETTINGER (127), et autres, sur ce sujet, montrent que le manque de potassium dans le sol est très important. C'est pour cette raison que la verse peut être regardée comme un symptôme de manque de potasse, mais doit être, dans tous les cas, en relation avec d'autres symptômes dans une diagnose correcte.

HOLBERT et KOEHLER (70) donnent les résultats de leurs études sur la solidité d'implantation des plantes de maïs. Ils ont employé un système original de leviers pour arracher les plantes de maïs du sol en mesurant, en livres, leur «résistance à l'arrachement». En comparant des lignées de maïs sensibles à la pourriture des racines avec de bonnes lignées, ils ont montré que l'extension et la distribution du système radiculaire sont des facteurs héréditaires importants pour déterminer la valeur économique de différentes lignées de maïs et leur adaptation à diverses conditions de sol. WILSON (205), WELDON et MORRIS (198), CLARK et WILSON (30), et HALL (57), ont rapporté aussi diverses causes de la verse du maïs et des céréales, mais interprètent les différences de résistance à la verse sur la base des caractères héréditaires.

PETTINGER (127) étudia les effets des engrais, des assolements et des conditions climatiques sur l'implantation du maïs. Utilisant les méthodes de HOLBERT et KOEHLER (70), il a trouvé que les engrais potassiques augmentent beaucoup la résistance à l'arrachement des plantes dans les sols manquant de potasse où il travaillait.

SMITH et BUTLER (153) ont montré que les racines du blé cultivé dans des solutions manquant de potasse, sont courtes, tronquées et d'une couleur blanc terne, ce qui contraste avec les racines fibreuses et bien ramifiées obtenues en solutions nutritives complètes.

Brenchley et Jackson (24) ont observé que les engrais contenant de la potasse stimulent une plus grande croissance des racines d'orge. Nightingale et autres (120) insistent sur l'importance de la potasse dans le développement des racines tubérisées de la patate douce.

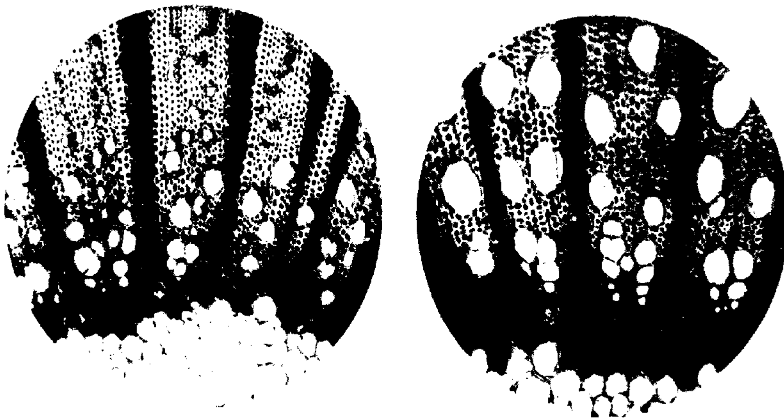
Quand les plantes de maïs poussent dans des conditions de manque de potasse assimilable, il a été trouvé (Hoffer 66, 67) que les composés du fer s'accumulent dans les tissus des nœuds et arrêtent la migration des aliments des feuilles aux racines. Le tissu des nœuds devient brun-pourpre sombre et se brise en bas, comme il est montré au tableau x. Les racines qui sont toujours dépendantes des parties supérieures de la plante pour leur nourriture, sont affaiblies et, dès lors, prédisposées aux attaques de beaucoup de champignons qui abondent dans les sols où le maïs a été cultivé un certain temps. Quand les racines sont atteintes de pourriture, la plante affaiblie peut s'incliner ou verser complètement. La verse des plantes est, conséquemment, devenue un important symptôme pour indiquer une déficience de potasse assimilable.

3. Importance des facteurs de l'hérédité dans la diagnose des symptômes de manque de potasse

Kostytschew et Eliasberg (84), Jones et Huston (76), Smith et Butler (153), Ames et Gerdel (5), Gilbert et Hardin (50), McCool et Weldon (108), Pettinger (126), Hoagland et Martin (62, 63), Morris et Sayre (115), Lowry (102), et autres, sont tous d'accord sur la solubilité et la mobilité du potassium dans les plantes. La conclusion générale est que la teneur en potassium des jus de presse provenant de plantes de maïs et d'autres récoltes, reflète de très près l'assimilabilité relative du potassium dans le sol.

Hoagland et Martin (63) montrent que l'assimilabilite, cependant, n'est pas purement une question d'état chimique des aliments du sol, mais aussi de capacité physiologique des cellules de la racine pour l'absorption et d'extension du développement des racines. Ce point de vue est important parce qu'il rend compte des différences entre les diverses plantes dans beaucoup de variétés de cultures. Certaines plantes de maïs montreront des symptômes typiques de feuillage pour le manque de potasse avant d'autres: certaines races de maïs accumuleront les composés du fer plus rapidement que d'autres plantes de race différente sur des lignes voisines du même champ; certaines variétés de blé ont plus de tendance à le faire que d'autres; certaines variétés de maïs répondront plus vite que d'autres aux applications de potasse.

Le résultat physiologique, de caractère favorable ou défavorable (pathologique), dépend beaucoup de l'origine génétique de la plante. Il faut, cependant, des conditions convenables pour l'expression complète de ces caractères héréditaires. Différentes lignées de maïs montreront les symptômes de manque de potasse à différents degrés d'épuisement du sol en potasse. Certaines races ont une plus grande aptitude pour absorber le potassium du sol que d'autres. En croisant différentes lignées, on obtient des hybrides ayant des aptitudes intermédiaires pour absorber le potassium (Hoffer 68). Conséquemment, lorsqu'on s'efforce de diagnostiquer les symptômes de manque de potasse dans les conditions de culture en plein champ, il faut tenir compte du fait que ces différences d'hérédité existent chez les plantes individuelles.



Vitis vinifera L.

FIG. 34. EINFLUSS VON KALIMANGEL AUF DIE ZELLSTRUKTUR DER WURZELN VON REBEN
Links: ausreichende Kaliversorgung
Rechts: Kalimangel

INFLUENCE DU MANQUE DE POTASSE SUR LA STRUCTURE CELLULAIRE DES RACINES DE VIGNE
à gauche: alimentation suffisante en potasse
à droite: manque de potasse

INFLUENCE OF POTASH STARVATION ON THE STRUCTURE OF THE ROOT CELLS OF GRAPE VINES
on left: sufficient potash
on right: potash deficiency

BRAY (21), en décrivant ses recherches sur l'assimilabilité du potassium dans les sols de l'Illinois, offre une intéressante explication de l'assimilabilité «locale» du potassium dans le sol. Il estime que, environ 20% du potassium total déplaçable dans les premiers 14 pouces[1] du sol est à la portée des racines de maïs pour l'absorption. BRAY suggère que la préparation du sol en billons avec fumure dans les raies peut donner une meilleure assimilabilité «locale» du potassium ce qui, considéré avec des différences héréditaires dans l'aptitude des plantes de maïs à produire un développement convenable des racines, est très important pour ce qui concerne l'application des engrais.

4. *Confirmation des symptômes de manque par réactions chimiques*

Étant donné que l'application de sels de potasse évite l'accumulation de composés du fer en quantités nuisibles dans le tissu des nœuds des plantes de maïs (HOFFER 66), les accumulations de fer sont utilisées pour indiquer le manque de potasse (tableau X) (HOFFER 67). Ces symptômes s'ajoutent aux autres éléments de diagnostic dans l'interprétation de l'assimilabilité du potassium dans les sols utilisés pour la culture du maïs. Les accumulations de fer sont décelées en appliquant une solution acide de thiocyanate de potassium aux tissus des nœuds des tiges de maïs, coupées dans le sens de la longueur.

[1] 35 cm environ.

ECKSTEIN et JACOB (39) ont rapporté l'usage de cet antagonisme fer-potassium en déterminant le besoin de potassium dans les champs de maïs en Allemagne et en Afrique du Sud. Les résultats obtenus dans leurs essais de champ confirment l'antagonisme fer-potassium, comme il apparait par les accumulations de fer dans les tissus des nœuds des plantes de maïs. Les raisons physiologiques de cet antagonisme fer-potassium sont inconnues. Elles présentent un très intéressant problème de recherches.

PETTINGER et THORNTON (128) ont employé les réactions pour l'accumulation du fer dans les plantes de maïs et obtenu une très forte corrélation entre les résultats de ces essais et les déterminations analytiques de potassium dans la sève. Dans les plantes avec fortes accumulations de fer dans le tissu des nœuds, on trouva la plus basse concentration de potassium dans le jus de la plante. Inversement aussi. Avec ces fortes accumulations de fer, on trouva la brûlure marginale des feuilles qui est aussi un symptôme de faim de potasse.

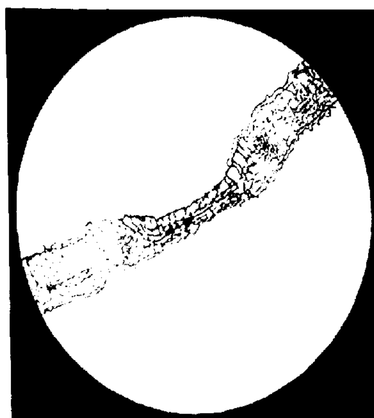
ALLYN (2) décrit une intéressante série d'essais de tiges de maïs. Employant les accumulations de fer dans le tissu des nœuds, il montre que le chaulage d'un sol entraîne des dépôts plus élevés de fer dans le tissu des nœuds, mais lorsqu'on apporte un supplément de potasse avec la chaux, les dépôts de fer sont moindres. Ces chiffres indiquent que la chlorose produite par la chaux dans les plantes de maïs n'est pas le résultat du fer maintenu dans le sol, mais plutôt le résultat d'un trouble dans le métabolisme du fer et la migration dans la plante, condition qui se trouve corrigée par l'emploi d'engrais ou de sels de potasse.

PORTER (130) en étudiant la flore des champignons des tissus de nœuds de plantes de maïs, trouva que les tissus avec de larges dépôts de fer étaient fortement envahis par beaucoup de champignons et de bactéries qui contribuent à la rupture de ces importants tissus de la plante. Il est évident que le potassium, empêchant ces dépôts de fer, favorise directement un meilleur état sanitaire de ces parties de la plante.

L'emploi de réactions chimiques semi-quantitatives sur les tissus de plantes fut proposé par HOFFER (67) afin de confirmer le diagnostic des symptômes de déficience présentés par les plantes de maïs. Dans les champs, diverses lésions des feuilles de maïs représentent des symptômes qui sont quelque peu difficiles à interpréter. Si les feuilles étaient jaunes avec des lésions assez mal définies de la pointe et des bords, on employait une solution de diphénylamine dans l'acide sulfurique. Quelques gouttes de ce réactif appliquées aux feuilles ou aux tissus pouvaient indiquer rapidement si la plante manquait d'azote nitrique et si ces symptômes de la feuille étaient dûs à la faim d'azote. L'accumulation de fer dans les tissus des nœuds, démontrée par réactions chimiques, indiquait si les brûlures marginales des feuilles étaient dues à la faim de potasse. Dans tous les cas, les réactions chimiques des tissus étaient invoquées comme une aide supplémentaire pour la diagnose de ces déficiences de nutrition.

THORNTON (169) a décrit d'autres méthodes pour l'épreuve des tissus de plantes. Il a préparé des solutions de réactifs qui peuvent être employées, soit pour des tissus de plantes, soit pour des essais de sol dans les champs. Son matériel d'essai est employé pour reconnaître les symptômes de déficience en azote, acide phosphorique et potasse. Pour établir l'échelle de ces épreuves de sols, il utilisait comme base les résultats des épreuves NEUBAUER.

Les essais de tissus de plantes ont un autre avantage net, parce qu'ils reflètent fréquemment une déficience de potassium qui commence, avant l'apparition d'aucune lésion des feuilles ou d'autres symptômes observables. Pour cette raison, ils ont été inclus dans cette discussion des symptômes de manque de potasse des céréales et du maïs. Ils ont déjà été reconnus comme de réelle valeur pratique dans les champs. Ils apportent une preuve convaincante aux cultivateurs qui envisagent l'emploi de certains aliments des plantes.



Dactylis glomerata L.

FIG. 35. NEKROTISCHE FLECKE IM BLATTQUERSCHNITT VON DACTYLIS GLOMERATA BEI KALIMANGEL

TACHES NÉCROTIQUES DANS UNE COUPE TRANSVERSALE DE DACTYLE PELOTONNÉ (MANQUE DE POTASSE)

CROSS-SECTION OF LEAF OF DACTYLIS GLOMERATA SHOWING NECROTIC SPOTS DUE TO POTASH DEFICIENCY

Résumé

Lorsque les symptômes de déficience de potassium sont reconnus, la provision de potassium assimilable dans le sol est très faible ou nulle et le problème de produire de nouvelles récoltes devient une question d'apport de la potasse nécessaire.

Un récent avis formulé par les représentants de la Station Expérimentale Agricole de l'Illinois centre extrêmement important de la production de maïs et céréales contient ce qui suit:

«Une vieille croyance que les sols d'Illinois contenaient en abondance de la potasse qui pouvait être rendue assimilable par des méthodes culturales appropriées, est définitivement réformée. Beaucoup de la potasse de nos sols est impossible à «extraire» seulement parce qu'elle y est si fortement fixée que les plantes ne peuvent pas l'obtenir en quantités suffisantes pour une bonne croissance. Aucun système de culture ou de pratique agricole n'est connu qui puisse affecter d'une façon marquée la quantité annuelle de potasse qui peut devenir assimilable pour les récoltes ... Beaucoup de cultivateurs, ne comprenant pas que leurs sols manquaient de potasse, ont décidé de laisser leurs sols, bien chaulés et phosphatés, revenir à l'état de pâturages ou de jachères, tandis que l'emploi d'un peu de potasse aurait fait de ces champs les plus riches de leur ferme ...»

On ne peut offrir aucune meilleure preuve pour démontrer l'importance économique de la possibilité de reconnaître avec certitude les signaux de détresse des plantes affamées en potasse. Ceux-ci seront les guides qui conduiront les bons observateurs vers la production de récoltes profitables dans l'avenir.

Mais und andere Getreidearten

1. Die Erkennung des Kalimangels

Die charakteristischen Kennzeichen des Kalimangels sind bei allen Getreidearten und auch bei Mais in der Hauptsache die gleichen. Fast immer ist das Wachstum der Pflanzen kümmerlich, die Blätter vertrocknen vom Rande aus und sterben, bei den älteren Blättern beginnend, allmählich ab. Der Körneransatz ist ärmlich, und die Körner sind weich und runzelig.

Bei Winterweizen ist die Erkennung der Kalimangelerscheinungen auf dem Felde schwierig, weil so viele andere Faktoren mitwirken, um an den Blättern Schädigungen hervorzurufen. Frostschaden, Stickstoffmangel in den ersten Frühlingstagen, Insektenplagen und Pilzbefall tragen alle dazu bei, die Diagnose auf dem Felde zu erschweren. Aus diesem Grunde ist die Anwendung chemischer Schnell-Untersuchungsmethoden von größter Bedeutung bei der Feststellung des Kalimangels.

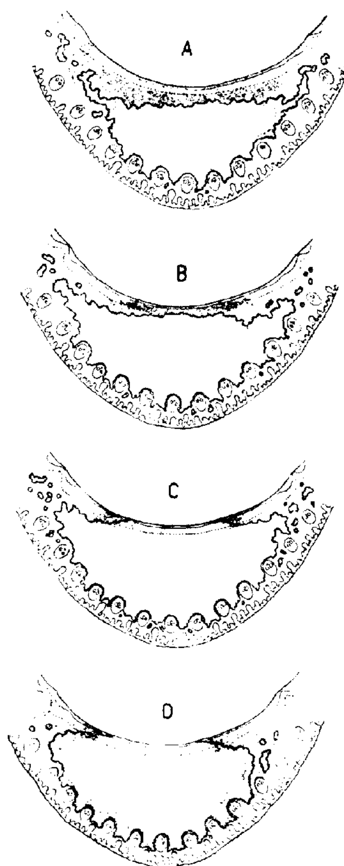
Bei Mais sind die Kalimangelerscheinungen an den Blättern ausgeprägt und können leicht erkannt werden. HOFFER (66, 67, 68), PETTINGER (126, 128), THORNTON (167), COOPER und ROGERS (33) u. a. haben die Symptome beschrieben. Tafel IX zeigt die von den Blatträndern ausgehenden Verdorrungserscheinungen an jungen Maispflanzen. Sowohl an jungen wie an alten Blättern sind die Verdorrungserscheinungen vom Rande her das charakteristische Merkmal für Kalimangel; in manchen Fällen, besonders auf alkalischen und reichlich mit Stickstoff und Phosphorsäure versehenen Böden, entwickelt sich die Verdorrung des Blattes ohne eine Verfärbung in Gelb oder Streifenbildung. Auf sauren Boden, die häufig auch an Phosphorsäure arm sind, zeigen die Blätter eine gelbe Verfärbung zwischen den Blattnerven, gleichzeitig mit den Verdorrungserscheinungen an den Blatträndern.

Diese Merkmale sind in den Vereinigten Staaten weit verbreitet; sie treten am häufigsten auf sandigen Böden, auf alkalischen Böden, deren Alkalität durch einen hohen Kalkgehalt verursacht wird, und auf Niederungsmoorböden auf. Die gleichen Merkmale werden auch auf Boden gefunden, die durch eine Reihe von Jahren stark mit Phosphaten und Kalk gedüngt sind. Auf solchen Feldern ist infolge der hohen Erträge und des Kalientzuges durch die Pflanze eine Verarmung an aufnehmbarem Kali entstanden.

BRAY (21) und SEARS (148) haben beschrieben, wie sich bei vielen Böden des Staates Illinois der fortgesetzte Getreidebau unter Anwendung von Kalk und Phosphaten ausgewirkt hat.

BRAY (21) stellt fest, daß die Maispflanzen am meisten empfindlich gegen eine mangelhafte Ernährung mit Kali sind, danach folgt Klee, während Weizen und Hafer weniger empfindlich sind. Wenn die Maispflanze günstig auf eine Kalidüngung reagiert, betrachtet er den Boden als ungenügend mit Kali versehen für alle Pflanzen. Daher wird die Feststellung von Kalimangelerscheinungen bei Mais für den Landbau des Staates Illinois als sehr wichtig betrachtet.

Wenn die Maispflanzen sich im ersten Wachstumsstadium befinden, besteht die Möglichkeit, durch eine Kopfdüngung mit Kalisalzen den Mangel zu beheben.



Saccharum officinarum L.

FIG. 36. QUERSCHNITT DURCH DEN HAUPTNERV ERKRANKTER ZUCKERROHRBLÄTTER

Die Schattierung gibt die rote bzw. rotbraune Verfärbung an. A, B und C Kalimangel, Verfärbung auf obere Hälfte der Blattader beschränkt. D andere Krankheitsursache, Verfärbung reicht durch bis in die unteren Parenchymzellen der Blattrückseite.

COUPE TRANSVERSALE DE LA NERVURE PRINCIPALE DE FEUILLES MALADES DE CANNE À SUCRE

La partie ombrée du dessin indique la coloration rouge ou brun rouge. A, B, C manque de potasse, décoloration qui se restreint sur la partie de la surface de la nervure principale. D autre cause pathologique, la décoloration s'étend jusqu'à parenchyme du bas de la feuille.

CROSS-SECTION THROUGH THE MIDRIBS OF DISEASED SUGAR CANE LEAVES

The shading indicates the red and reddish brown coloured areas. A, B and C potash deficiency, discolouration confined to the upper part of the vein, D due to another disorder, discolouration extends through the vein to the parenchymatous cells of the under surface.

GARRARD (48) hat günstige Ergebnisse mit der Kopfdüngung von jungen Maispflanzen in Iowa und Illinois erzielt. Nachdem Kalimangelerscheinungen bei jungen Maispflanzen festgestellt waren und eine Kopfdüngung von 200 lbs je acre Chlorkalium Anfang Juli gegeben war, wurden folgende Ergebnisse erzielt:

	Durchschnittlicher Ertrag per acre		Durchschnittlicher Mehrertrag per acre	
	Ohne Kali Bushels	Mit Kali Bushels	Gesamtertrag Bushels	Marktfähige Ware Bushels
Durchschnitt von 15 Versuchen an 15 Böden mit hohem Kalkgehalt in Iowa	34,5	50,3	15,8	12,8
Durchschnitt von 3 Versuchen auf sauren, schlecht drainierten Böden in Süd-Illinois	18,3	26,8	8,5	8,2

Diese Ergebnisse zeigen, daß die Erkennung der ersten Mangelerscheinungen auf den Blättern von jungen Maispflanzen von großem praktischem Wert ist. Sie zeigen ferner die Wichtigkeit der Kalidüngung für die Maiskultur, in deren Erkenntnis jetzt bereits die Pflanzer eine stärkere Kalidüngung beim Pflanzen geben anstatt späterer Kopfdüngung.

Alle Pflanzen benötigen einen reichlichen Vorrat von aufnehmbarem Kali für ihr normales Wachstum und ihre normale Entwicklung. BARTHOLOMEW und JANSSEN berichten von der sehr starken Aufnahme von Kali durch verschiedene Pflanzen, unter anderem Hafer, Weizen und Mais, und begründen diese mit dem besonderen Bedarf dieser Pflanzen an Kali. Sobald der Gehalt des Bodens an aufnehmbarem Kali zu niedrig wird, findet in den Pflanzen, um das Wachstum zu erhalten, eine Wanderung des Kalis von den älteren zu den jüngeren Blättern und zu den Wachstumszentren statt (BARTHOLOMEW und JANSSEN 11, 12; DOWDING 38). Dadurch entsteht eine physiologische Störung innerhalb der Pflanze, die die oben beschriebenen Mangelerscheinungen verursacht.

Diese Forscher betonen die Wichtigkeit der rechtzeitigen Erkennung des Kalimangels und empfehlen, dem Boden alljährlich eine höhere Kalidüngung zu verabreichen, um den Vorrat an aufnehmbarem Kali im Boden aufzubauen.

2. *Lagergefahr und Wurzelkrankheiten*

Das Lagern von Getreide und Mais wird durch verschiedene Faktoren verursacht, zu denen erbliche Eigenschaften, Unterernährung und klimatische Bedingungen gehören.

Neuere Arbeiten von SEARS (148, 149), TUBBS (173), BRAY (21), PETTINGER (127) u. a. über die Lagergefahr zeigen, daß Mangel an aufnehmbarem Kali im Boden von Wichtigkeit ist. Die Lagerung kann daher als eine Kalimangelerscheinung betrachtet werden, doch wird man in allen Fällen gut tun, auch die anderen Symptome bei einer endgültigen Diagnose im Auge zu behalten.

HOLBERT und KOEHLER (70) berichten über die Ergebnisse ihrer Untersuchungen der Standfestigkeit von Maispflanzen. Sie wendeten ein besonderes System von Hebeln an, um Maispflanzen aus dem Boden zu heben, und stellten die Widerstandsfähigkeit gegen die Hebelwirkung in Gewichtseinheiten fest.

Beim Vergleich wurzelkrankverdächtiger Sorten mit gesunden Sorten stellten sie fest, daß das Ausmaß und die Verteilung des Wurzelsystems wichtige erbliche Faktoren sind, die die wirtschaftliche Bedeutung verschiedener Maissorten und ihre Eignung für verschiedene Standortsbedingungen bestimmen. WILSON (205), WELDON und MORRIS (198), CLARK und WILSON (30) und HALL (57) berichten über verschiedene Ursachen der Lagerung von Getreide und Mais; sie erklären die Unterschiede in der Standfestigkeit durch erbliche Eigenschaften.

PETTINGER (127) untersuchte die Wirkung der Handelsdünger, der Fruchtfolge und der meteorologischen Bedingungen auf die Standfestigkeit der Maispflanze. Er benutzte die Methode von HOLBERT und KOEHLER (70) und fand, daß Kalidünger die Standfestigkeit der Pflanze auf kaliarmen Böden, die er bearbeitete, in sehr starkem Maße erhöhte.

Smith und Butler (153) haben gezeigt, daß die Wurzeln von in Kalimangel-Lösungen gewachsenen Weizenpflanzen kurz gedrungen und von schmutzigweißer Farbe sind im Gegensatz zu gut verzweigten, faserreichen Wurzeln in vollständigen Nährlösungen.

Brenchley und Jackson (24) haben beobachtet, daß Mischdünger mit genügendem Kaligehalt das Wurzelwachstum bei Gerste stärker förderte. Nightingale (120) u. a. betonen die Bedeutung von Kali für eine gesunde Wurzelentwicklung bei Süßkartoffeln.

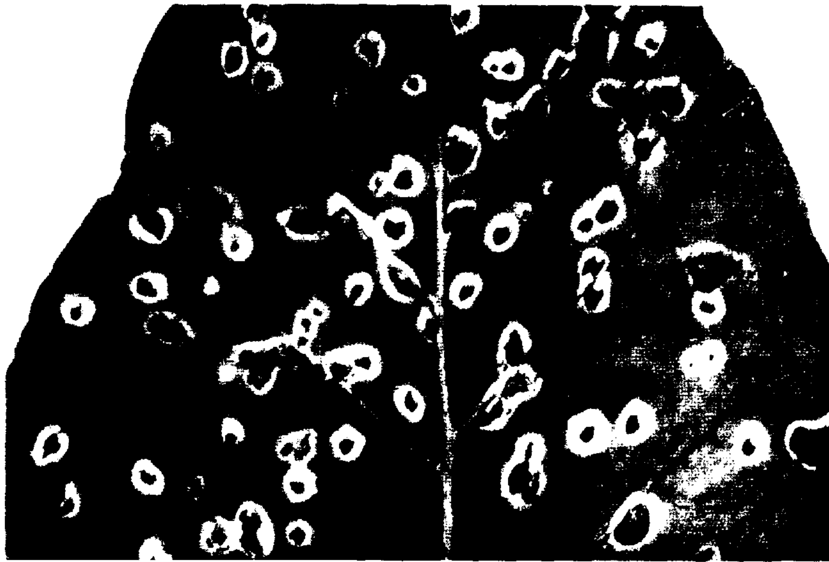
Hoffer hat festgestellt, daß, wenn Maispflanzen unter Mangel an aufnehmbarem Kali heranwachsen, sich Eisenverbindungen im Gewebe der Stengelknoten anhäufen, die die Wanderung der gebildeten Stoffe von den Blättern zu den Wurzeln ungünstig beeinflussen. Das Stengelknotengewebe wird dunkel, rötlichbraun in Farbe und schrumpft zusammen. Die Wurzeln, deren Ernährung mit der Entwicklung der oberirdischen Pflanzenteile im Zusammenhang steht, werden weich und dadurch anfällig für Angriffe durch Pilze auf Böden, die mehrere Jahre hintereinander mit Mais bebaut waren. Wenn die Wurzeln anfangen zu faulen, verlieren die geschwächten Pflanzen ihre Standfestigkeit und lagern sich schließlich völlig. Das Lagern der Getreidepflanzen ist infolgedessen ein wichtiger Fingerzeig geworden, der den Mangel an aufnehmbarem Kali im Boden anzeigt.

3. Die Bedeutung der erblichen Eigenschaften bei der Bestimmung von Kalimangelerscheinungen

Kostytschew und Eliasberg (84), Jones und Huston (76), Smith und Butler (153), Ames und Gerdel (5), Gilbert und Hardin (50), McCool und Weldon (108), Pettinger (126), Hoagland und Martin (62, 63), Morris und Sayre (115), Lowry (102) u. a. sind alle gleicher Meinung über die Löslichkeit und Beweglichkeit des Kalis in der Pflanze. Die allgemeine Schlußfolgerung ist die, daß der Kaligehalt im ausgepreßten Saft der Maispflanze ebenso wie bei den anderen Pflanzen die Löslichkeit des Kalis im Boden wiedergibt.

Hoagland und Martin (63) stellten fest, daß die Löslichkeit nicht nur eine Frage des chemischen Zustandes der Bodennährstoffe ist, sondern ebenso eine Frage der physiologischen Aufnahmefähigkeit der Wurzelzellen für die Bodennährstoffe und die Ausdehnung der Bewurzelung. Dieser Gesichtspunkt ist wichtig, weil er die Unterschiede zwischen den Pflanzenindividuen erklärt. Manche Maispflanzen zeigen typischere Kalimangelerscheinungen an den Blättern als andere; manche Maissorten werden Eisenverbindungen schneller anhäufen als Pflanzen einer anderen Sorte auf angrenzenden Feldern. Manche Weizenarten werden mehr lagern als andere, und gewisse Maissorten werden schneller als andere auf eine Kaligabe reagieren.

Physiologische Auswirkungen, sowohl solche nützlicher wie schädlicher Art, sind in starkem Maße abhängig von der genetischen Zusammensetzung der Pflanzen. Sie benötigen jedoch ihnen zusagende Bedingungen, wenn die erblichen Eigenschaften voll zum Ausdruck kommen sollen. Verschiedene Maissorten werden Kalimangelerscheinungen bei ganz verschiedenen Graden der Verarmung des Bodens an Kali zeigen; manche Sorten haben eine bessere Eignung, das Kali aus



Nicotiana tabacum L.

Fig. 37. Wildfeuerflecke an Tabak (mittleres Stadium)
Erreger: Pseudomonas tabaci

Taches de feu sauvage du tabac — stade moyen
Pseudomonas tabaci

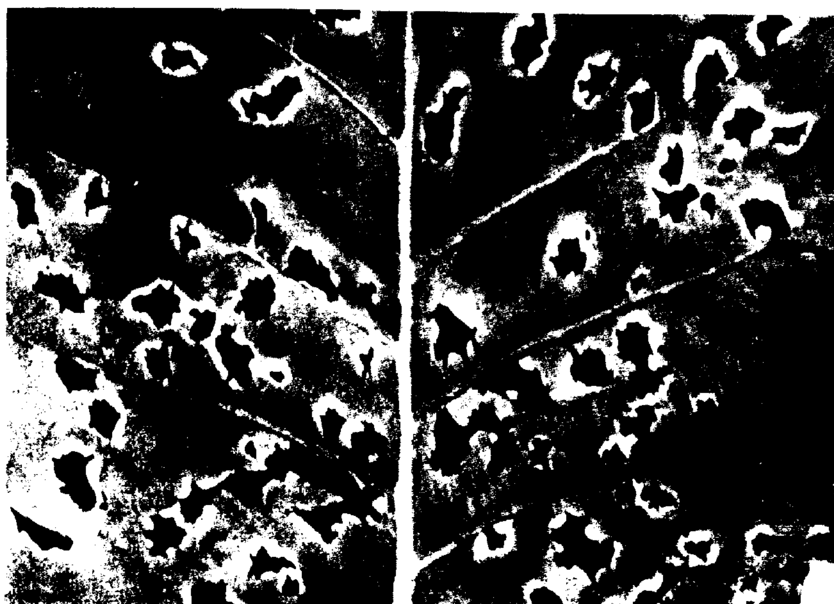
"Wild fire" disease of tobacco (intermediate stage)
Causal agent: Pseudomonas tabaci

dem Boden aufzunehmen als andere. Beim Kreuzen ganz verschiedener Maissorten erhält man Hybriden mit verschiedener Fähigkeit, Kali aufzunehmen (Hoffer 68). Deshalb muß bei der Feststellung von Kalimangelerscheinungen auf dem Felde großes Gewicht auf die erblichen Unterschiede zwischen den verschiedenen Pflanzen gelegt werden.

Bray (21) beschreibt diese Untersuchungen über die Löslichkeit von Kali in Illinois-Boden und gibt eine interessante Erklärung über die „positionale" Löslichkeit des Kalis im Boden. Er glaubt, daß ungefähr 20% der Gesamtmenge von austauschbarem Kali in den oberen 35 cm der Krume von den Maiswurzeln aufgenommen werden können. Bray nimmt an, daß die günstige Wirkung der Horst- und Reihendüngung zu Mais ihre Ursache in der besseren „positionalen" Aufnahmefähigkeit hat, die, wenn man dabei die erblichen Unterschiede in der Fähigkeit, gleichmäßige Wurzelsysteme zu erzeugen, in Betracht zieht, vom Standpunkt der Düngung von Bedeutung ist.

4. *Die Bestätigung der Mangelerscheinungen bei Mais durch chemische Untersuchungen*

Seitdem festgestellt wurde, daß die Kalidüngung die Anhäufung von schädlichen Eisenverbindungen in den Stengelknoten der Maispflanze verhütet, werden



Nicotiana tabacum L.

FIG. 38. SCHWARZFEUERFLECKEODER „ECKIGE BLATTFLECKEN-KRANKHEIT" AN TABAK

Erreger: Pseudomonas angulata

TACHES DE FEU NOIR OU MALADIE DES TACHES ANGULEUSES DE FEUILLES DU TABAC

Pseudomonas angulata

ANGULAR LEAF SPOT DISEASE OF TOBACCAO

Causal agent: Pseudomonas angulata

diese Anreicherungen an Eisen als Indikator für Kalimangel benutzt (Tafel x). Dieses Anzeichen erhärtet die Beweiskraft anderer Kalimangelerscheinungen bei der Bestimmung des Gehaltes an aufnehmbarem Kali im Boden. Die Eisenansammlungen werden durch die Behandlung der Gewebe und Stengelknoten, die der Länge nach aufgeschnitten werden, mit einer sauren Lösung von Rhodankali ermittelt.

ECKSTEIN und JACOB (39) berichten über die Benutzung dieses Eisen-Kali-Antagonismus, um den Kalibedarf der Maisfelder in Deutschland und Südafrika zu bestimmen. Die Ergebnisse ihrer Feldversuche bestätigten den Eisen-Kali-Antagonismus, der sich in Ansammlung von Eisen im Gewebe der Stengelknoten widerspiegelt. Die physiologischen Ursachen für diesen Eisen-Kali-Antagonismus sind unbekannt. Sie stellen ein sehr interessantes Untersuchungsproblem dar.

PETTINGER und THORNTON (128) benutzten die Untersuchungen der Eisenanhäufungen in Maispflanzen und stellten eine sehr starke Korrelation zwischen den Ergebnissen der Stengeluntersuchungen und den Analysen über den Kaligehalt des Saftes fest. In Pflanzen mit starken Eisenanhäufungen im Stengelknotengewebe wurden die niedrigsten Konzentrationen von Kali im Pflanzensaft gefunden und umgekehrt. Die starken Eisenansammlungen werden stets von den charakteristischen Vertrocknungserscheinungen der Blätter begleitet.

ALLYN (2) beschreibt eine interessante Reihe von Maisstengeluntersuchungen. Ausgehend von den Eisenanhäufungen in den Stengelknotengeweben, zeigt er, daß durch Kalkung des Bodens eine stärkere Ablagerung von Eisen in den Stengelknotengeweben eintritt; wenn jedoch eine zusätzliche Kaligabe mit dem Kalk verabfolgt wird, sind die Eisenablagerungen geringer. Seine Ergebnisse zeigen, daß die Chlorose infolge von Kalkung bei der Maispflanze nicht dadurch entsteht, daß das Eisen im Boden festgelegt wird, sondern vielmehr dadurch, daß der Eisenmetabolismus und die Beweglichkeit des Eisens in der Pflanze gehemmt werden, ein Zustand, der durch die Anwendung von Stallmist oder von Kalisalzen wieder behoben werden kann.

PORTER (130) untersuchte die Mikroflora der Stengelknotengewebe von Maispflanzen und fand, daß die Gewebe mit starken Eisenablagerungen durch viele Pilze und Bakterien angegriffen werden, welche zum weiteren Verfall dieser wichtigen Gewebe beitragen. Es ist deutlich, daß das Kali durch Einschränkung dieser Eisenablagerungen direkt einen besseren Gesundheitszustand derartiger Pflanzenteile herbeiführt.

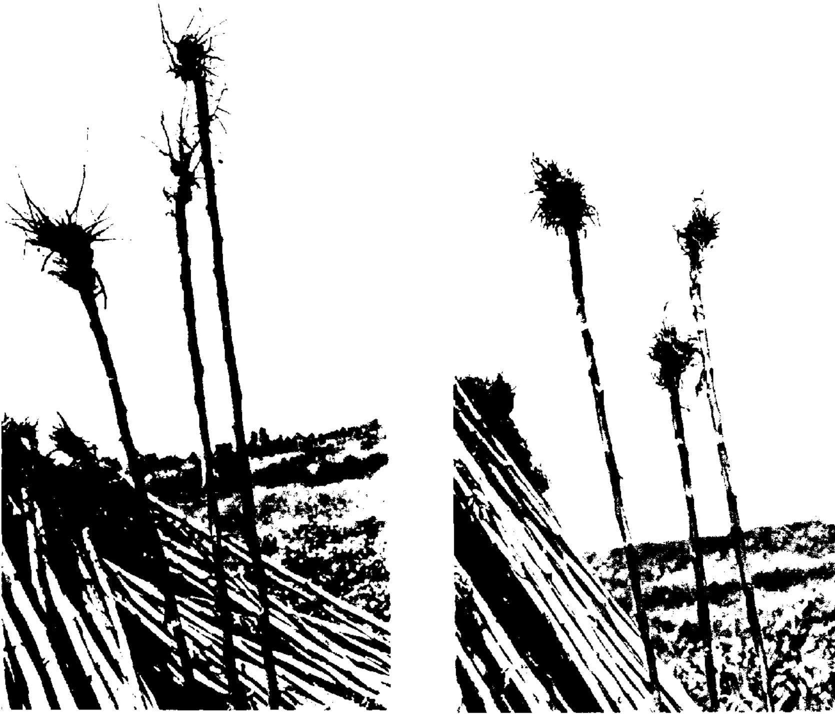
Die annähernd quantitativen chemischen Untersuchungen der Pflanzengewebe wurden von HOFFER vorgeschlagen, um die Diagnose der Mangelerscheinungen bei Mais zu bestätigen. Bei Feldversuchen wurden häufig Schädigungen der Maisblätter beobachtet, die nicht so einfach zu erklären waren. Waren die Blätter gelb, ohne deutliche Erscheinungen an den Blattspitzen und Blatträndern, dann wurde eine Lösung von Diphenylamin in Schwefelsäure angewendet. Einige Tropfen dieser Lösung auf die Blätter oder die Stengelgewebe zeigen sofort an, ob die Pflanze arm ist an Nitratstickstoff bzw. ob die gelbe Farbe von Stickstoffmangel herrührt. Die bei der chemischen Untersuchung ermittelten Eisenablagerungen im Gewebe der Stengelknoten liefern den Beweis für Kalimangel. Stets ist die chemische Untersuchung des Gewebes der Stengelknoten eine große Unterstützung bei der Feststellung des Nährstoffmangels.

THORNTON (169) hat andere Untersuchungsmethoden des Pflanzengewebes beschrieben. Er hat Lösungen hergestellt, die sowohl für Gewebeuntersuchungen wie für Bodenuntersuchungen benutzt werden können. Sein Versuchsapparat wird zur Bestimmung von Stickstoff-, Phosphorsäure- und Kalimangel benutzt. Die Auswertung seiner Bodenuntersuchungen ist auf der Neubauer-Methode basiert.

Die Untersuchung des Pflanzengewebes hat noch den großen Vorteil, daß sie häufig beginnenden Kalimangel anzeigt, lange bevor die Blattschädigungen oder andere Symptome in Erscheinung treten. Ihre Bedeutung für den Praktiker hat sich bereits erwiesen, denn sie gibt dem Landwirt überzeugende Beweise bei der Aufstellung seines Düngeplanes.

Zusammenfassung

Wenn Kalimangelerscheinungen auftreten, ist der Vorrat an aufnehmbarem Kali im Boden sehr niedrig, und die Frage der künftigen Ernten in großen Landwirt-



Nicotiana tabacum L.

FIG. 39. VERSTÄRKUNG VON NEMATODENSCHÄDEN BEI TABAK DURCH KALIMANGEL.
Links: *ausreichende Kaliversorgung*
Rechts: *Kalimangel*

AGGRAVATION DES DÉGÂTS DES NÉMATODES SUR TABAC PAR MANQUE DE POTASSE
à gauche: alimentation suffisante en potasse
à droite: manque de potasse

INCREASE IN DAMAGE TO TOBACCO ROOTS BY NEMATODES DUE TO POTASH DEFICIENCY
on left: sufficient potash
on right: potash deficiency

schaftsgebieten der Welt wird eine Frage der Zufuhr von Kali. In diesem Zusammenhang sei eine Erklärung von Vertretern der Agricultural Experiment Station von Illinois — einem der wichtigsten Weltzentren des Getreideanbaus — aus jüngster Zeit zitiert:

„Der alte Glaube, daß die Illinois-Böden große Mengen an Kali enthalten, das durch sachgemäße Bearbeitung aufnehmbar für Pflanzen gemacht wird, muß endgültig aufgegeben werden. Ein großer Teil des Kalivorrates unserer Böden ist nur deshalb unerschöpflich, weil er so gründlich festgelegt ist, daß die Pflanzen Kali nicht in ausreichender Menge aufnehmen können. Irgendeine Möglichkeit, durch Bearbeitung des Bodens dieses festgelegte Kali in kürzerer Zeit als bisher löslich zu machen, ist nicht bekannt. Viele Landwirte, die den Kalimangel ihres Bodens nicht einsehen, haben sich entschlossen, gut mit Kalk und Phosphat gedüngtes Land als extensive Weide zu nutzen oder

brach liegen zu lassen, ohne zu bedenken, daß eine Kalidüngung diese Felder zu den besten ihres Betriebes machen würde."

In dieser Erklärung liegt ein deutlicher Hinweis, wie wichtig es ist, daß die Kennzeichen des Kalimangels allgemein bekannt werden; denn sie sind Wegweiser, die den gewissenhaften Landwirten den Weg zu größeren und besseren Ernten in der Zukunft zeigen.

II. Fruit Trees

by G. A. Cowie, M. A., B. Sc., F. I. C.,
Chief Agricultural Adviser, United Potash Co. Ltd., London.

The most prominent of the above symptoms is the so-called "Leaf Scorch". This occurs under conditions which affect the tree in such a way that the amount of water transpired from the leaves is greater than the amount absorbed by the roots. The result of this condition is that the cells round the margins of the leaves are killed, producing typical scorched leaves, with a reduction of the transpiring surface (Wallace 191, 192).

Experiments in commercial orchards have shown that "Leaf Scorch" may occur on any soil where the potash supply is inadequate for the needs of the tree. It is also frequently observed where old grass meadows are ploughed up and planted with fruit trees. This is due to the fact that under such conditions the nitrogen/potash ratio in the soils is usually very wide. "Leaf Scorch" can also be produced by the continuous use of fertilisers containing no potash.

The various fruit plants show considerable differences in the susceptibility to "Leaf Scorch". For example, apples, gooseberries and red currants have a high susceptibility, raspberries are fairly susceptible, while plums, pears, black currants and strawberries are generally less susceptible, although certain varieties of these are exceptions to the rule.

1. Development of "Leaf Scorch"

During the early part of the season the foliage characters are usually normal in appearance, but from the beginning of June the characteristic symptoms of potash shortage usually appear. The colour of the leaves at this stage is often bluish-green with perhaps slight chlorosis near the margins and between the veins. In some varieties of plums the chlorotic symptoms are strongly marked. In gooseberries the leaves at this stage may show purple tints which disappear later. The edges of the leaves have a tendency to curl towards the under surfaces, but in the case of certain plums they curl in the reverse direction. The leaf margins finally become brown or grey, following the death of cells in these areas, and appear as if they have been scorched by fire. In the case of the raspberry, the marginal browning may extend inwards between the veins, practically to the midrib. "Leaf Scorch" becomes most marked in hot dry summers.

An important point which has emerged from the chemical investigations relating to "Leaf Scorch" is that in all cases examined in the field the scorched tree is a low-potash tree and is apparently suffering from a deficiency of this element (Hoblyn 64).

The deficiency is shown in all portions of the tree above ground level: leaves, shoots, trunk and fruits.

A low potash content in various parts of the trees is a symptom of potash deficiency and forms a reliable method for diagnosing the trouble. For instance, as a guide, over 50% of the burnt ash of normal apple pulp is potash.

Defoliation frequently progresses in the direction from the tips to the bases

of the shoots, so that the oldest leaves are retained latest. The colour of the bark may be slightly paler than normal. The shoots tend to die back and even whole branches may be thus affected under conditions of potash deficiency.

2. Importance of Nitrogen and Potash Balance

Several trials have definitely shown that a proper balance between nitrogen and potash is the secret of successful manuring of fruit crops. For example, manurial trials on raspberries (WALLACE 188) carried out at East Malling, showed that applications of nitrogen by themselves may, up to a point, produce more cane, but they never have increased the crop, except when potash was simultaneously applied. Data (ESSEX AGR. COM. 43) are also available to show that "Leaf Scorch" in apple trees has been present to a greater extent on the "Nitrogen Alone" plots than on the "Untreated" plots, whereas "Leaf Scorch" has been almost entirely removed by the "Nitrogen and Potash" treatment. It has also been generally observed that diseases such as mildew, scab and canker which are encouraged by high nitrogenous conditions, have been greatly reduced by potash applications.

3. Effect on Yield and Size of Fruit

The number of blossom buds is not drastically reduced by potash deficiency, as in the case of nitrogen starvation. This is due to the fact that potash deficiency leads to die back of the shoots and the result is an abnormal development of fruit buds. Fruits formed, however, from the fruit buds are very liable to drop and the crop consists almost wholly of culls. It is noteworthy that an increase in the number of fruit buds is very frequently accompanied by a reduction in the proportions which produce fruit. Potash deficient fruits are usually small and poor in colour, retaining an immature appearance in store.

Potassium-deficient fruits usually wilt badly in ordinary and in low temperature stores and are more susceptible to Low Temperature Breakdown. The percentage of nitrogen is usually normal, but acidity is frequently low in potash deficient fruits.

4. Effect on Colour of Fruit

In experiments carried out by East Malling (HOBLYN 65) on the dessert variety of apple, "Worcester Pearmain", which is purchased largely in virtue of its red colour, and on the green cooking apple "Bramley", the most striking point which emerged from the colour gradings was the great reduction in colour where only nitrogen was given. Potash by itself definitely increased the colour of "Worcester Pearmain" (plate XXIX) in both years, and this was evident both in amount and intensity. In the case of the "Bramleys" although there was little difference in the colour figures between "Nitrogen only" and "Nitrogen and Potash" trees, the quality of the greenness was very definite. Apples from the trees receiving nitrogen only were of a whitish and unhealthy green, whereas those receiving nitrogen and potash were of a bold healthy green, differing completely from the former (plate XXIX).



Brassica oleracea var. gongylodes L.

FIG. 40. WIRKUNG VON KALIMANGEL AUF DIE QUELLBARKEIT VON KOHLRABISCHEIBEN

Links: ausreichende Kaliversorgung
Rechts: Kalimangel

ACTION DU MANQUE DE POTASSE SUR LA TURGESCENCE DES TRANCHES DE CHOU RAVE

à gauche: alimentation suffisante en potasse
à droite: manque de potasse

EFFECT OF POTASH DEFICIENCY ON THE SWELLING OF SLICES OF KOHLRABI IN WATER

on left: sufficient potash
on right: potash deficiency

The great difficulty in restoring potash starved trees to normal healthy conditions is such that r e g u l a r potash treatment should not be neglected. The effect of potash applications is often not visible until two or three years after treatment. This is presumably due to the tendency of the potash to become absorbed in the upper layers of soil. For this reason the autumn application of potash to fruit trees is recommended in order to secure the washing-down effect of the winter rains.

The importance of manuring in relation to fruit quality has already been touched upon. The simplest way to secure suitable quality is first to ensure that the supplies of potash in the soil are adequate and then to vary the nitrogenous level by manurial or other methods. Phosphates may also be necessary particularly in the case of strawberry. It is important to remember that low nitrogen conditions, as found, for example, in grass orchards, although perhaps giving the best quality of certain dessert fruits, usually mean lowered yields, while above a certain level of nitrogenous feeding both yields and quality fall off. The largest specimens of fruit are not obtained under the highest nitrogen conditions, but under conditions most favourable to carbohydrate storage within the fruits and where, in addition, nitrogen is not the limiting factor to growth. These conditions lie within the range of the extremely high and low levels of nitrogenous feeding under which fruit trees will thrive and must be determined by experience in particular cases.

Arbres à fruits

Le plus marquant de ces symptômes est ce qu'on appelle «Leaf Scorch» (grillure des feuilles). Ceci se produit dans des conditions qui affectent l'arbre de telle manière que la quantité d'eau transpirée par les feuilles est plus grande que la quantité absorbée par les racines. Il en résulte que les cellules autour des bords des feuilles sont tuées, produisant les feuilles grillées, avec une réduction de leur surface de transpiration (WALLACE 191, 192).

Les expériences dans les vergers industriels ont montré que la grillure des feuilles peut se produire sur n'importe quel sol où l'approvisionnement en potasse est insuffisant pour les besoins de l'arbre. Elle est aussi fréquemment observée là où de vieilles prairies sont labourées et plantées en arbres à fruits. Ceci est dû au fait que, dans ces conditions, le rapport azote/potasse dans le sol est ordinairement très grand. La «grillure des feuilles» peut aussi être produite par l'emploi continuel d'engrais artificiels ne contenant pas de potasse.

Les diverses plantes à fruits montrent des différences considérables de susceptibilité à la «grillure des feuilles». Par exemple, les pommiers, groseilliers épineux et à grappes ont une haute susceptibilité, les framboisiers sont assez susceptibles, tandis que les pruniers, poiriers, cassis et fraisiers sont généralement moins susceptibles, bien que certaines variétés de ces derniers fassent exception à la règle.

1. Développement de la «grillure des feuilles»

Pendant la première partie de la saison, les caractères du feuillage sont habituellement d'aspect normal, mais dès le commencement de juin, les symptômes caractéristiques du manque de potasse apparaissent. La couleur des feuilles, à ce moment est souvent d'un vert bleuâtre avec, peut-être, un peu de chlorose près des bords et entre les nervures. Dans quelques variétés de pruniers, les symptômes chlorotiques sont fortement marqués. Chez le groseillier épineux, les feuilles, à ce moment, peuvent montrer des teintes pourpres qui disparaissent plus tard. Les extrémités des feuilles ont une tendance à se recourber vers la face inférieure, mais dans le cas de certains pruniers, elles se courbent en sens inverse. Les bords des feuilles deviennent finalement bruns ou gris, en raison de la mort des cellules dans ces régions, et apparaissent comme si elles avaient été grillées. Dans le cas du framboisier, le brunissement du bord peut se développer vers l'intérieur entre les nervures, pratiquement jusqu'à la côte du milieu. La «grillure des feuilles» devient plus marquée dans les étés chauds et secs.



Nicotiana tabacum L.

FIG. 41. VERSUCH ÜBER GLIMMDAUER BEI TABAK

Links: ausreichende Kaliversorgung
Glimmdauer: 104 Sekunden

Mitte und rechts: fortschreitender Kalimangel
Glimmdauer in Sekunden:
mittleres Blatt 28 rechtes Blatt 12

ESSAI DE COMBUSTIBILITÉ DU TABAC

à gauche: alimentation suffisante en potasse
Durée de combustibilité: 104 séc.

au milieu et à droite: manque progressif de potasse
Durée de combustibilité en séc.:
au milieu 28 à droite 12

BURNING TEST ON TOBACCO LEAF

on left: sufficient potash
Duration of burn: 104 seconds

in centre and on right: progressive potash deficiency
Duration of burn in seconds:
in centre 28 on right 12

Un point important qui est ressorti des recherches chimiques concernant la «grillure des feuilles» est que dans tous les cas examinés dans le champ, un arbre grillé est un arbre pauvre en potasse et qui souffre apparemment d'une déficience en cet élément (HOBLYN 64). La déficience apparaît dans toutes les parties de l'arbre au-dessus du niveau du sol — feuilles, rameaux, tronc et fruits.

Une faible teneur en potasse dans les différentes parties des arbres est un symptôme de cette déficience et forme une méthode valable pour diagnostiquer le trouble. Par exemple, plus de 50% de la cendre d'une pulpe de pomme normale est de la potasse.

Le manque de potasse produit la chute prématurée des feuilles dans le verger, suivant le développement de la grillure des bords de feuilles. Pendant la chute des feuilles, la couleur de celles-ci varie habituellement du vert au brun et de bonnes colorations sont habituellement absentes. La chute des feuilles progresse généralement à partir des sommets vers le bas des rameaux, si bien que les plus vieilles

feuilles restent des dernières. La couleur des écorces peut être plus pâle qu'à l'état normal. Les rameaux tendent à mourir et même des branches entières peuvent être ainsi affectées en cas de manque de potasse.

2. *Importance de l'équilibre de l'azote et de la potasse*

Plusieurs essais ont définitivement démontré qu'un équilibre convenable entre l'azote et la potasse est le secret de la fumure à succès pour les récoltes de fruits. Par exemple, les fumures d'essais sur framboisiers (WALLACE 188) effectuées à East Malling, ont montré que des applications d'azote en elles-mêmes peuvent, jusqu'à un certain point, produire plus de tiges, mais n'ont jamais augmenté la récolte, excepté lorsque la potasse a été simultanément appliquée. Des résultats (ESSEX AGR. COM. 43) ont été aussi obtenus pour montrer que la grillure des feuilles dans le pommier a présenté un plus grand développement sur les parcelles à azote seul que sur les parcelles non traitées, tandis que la grillure des feuilles a été presque entièrement supprimée par le traitement «azote et potasse». Il a aussi été généralement observé que des maladies telles que le mildiou, la gale et le chancre, qui sont encouragées par de fortes applications d'azote, ont été grandement réduites par des applications de potasse.

3. *Effet sur la récolte et la taille des fruits*

Le nombre des bouquets à fleurs n'est pas aussi sévèrement réduit par le manque de potasse que dans le cas de faim d'azote. Ceci est dû au fait que le manque de potasse conduit à l'atrophie des rameaux et le résultat est un développement anormal des bourgeons à fruits. Les fruits formés, cependant, de ces bourgeons sont très sujets à tomber et la récolte consiste presque exclusivement en fruits avortés. Il est à noter qu'une augmentation du nombre des bourgeons à fruits est très fréquemment accompagnée par une réduction dans la proportion de ceux qui produisent des fruits. Les fruits manquant de potasse sont habituellement petits et pauvres en couleur, conservant l'aspect non mûr en magasin.

Les fruits manquant de potasse se flétrissent dans les magasins à température ordinaire ou abaissée et sont plus susceptibles de détérioration à la basse température (breakdown). Le pourcentage d'azote est habituellement normal, mais l'acidité est fréquemment basse dans les fruits manquant de potasse.

4. *Effet sur la couleur du fruit*

Dans les expériences organisées par East Malling (HOBLYN 65) sur la variété de pomme «Worcester Pearmain», qui est largement achetée à cause de sa couleur rouge, et sur la pomme verte à cuire «Bramley», le point le plus frappant qui apparait de la

classification par couleurs, fut la grande réduction en couleur causée par l'azote. La potasse, par elle-même, augmente notamment la couleur des pommes «Worcester Pearmain» (tableau XXIX) dans les deux années, et ceci fut évident à la fois en quantité et en intensité. Dans le cas des «Bramleys», bien qu'il y eut peu de différence dans les couleurs entre les arbres «azote seulement» et «azote et potasse», la qualité de la couleur verte était très nette. Les pommes des arbres recevant l'azote seulement étaient d'un vert blanchâtre et malsain, tandis que celles recevant l'azote et potasse étaient d'un vert sain, vif, différant beaucoup des autres (tableau XXIX).

La grande difficulté pour ramener des arbres affamés en potasse à des conditions normales de santé est telle que des traitements réguliers à la potasse ne doivent pas être négligés. L'effet des applications de potasse n'est souvent pas visible avant deux ou trois années de traitement. Ceci est dû probablement à la tendance de la potasse à rester absorbée dans les couches supérieures du sol. Pour cette raison, l'application d'automne de potasse sur les arbres à fruits est recommandée afin d'assurer l'effet de pénétration des pluies de l'hiver.

L'importance de la fumure en relation avec la qualité des fruits a dejà été mentionnée. Le meilleur moyen pour obtenir une bonne qualité est, d'abord, de s'assurer que la fourniture de potasse au sol est convenable et, ensuite, de varier les quantités d'azote par la fumure ou par d'autres méthodes. Les phosphates peuvent aussi être nécessaires dans le cas de fraisiers. Il est important de se rappeler qu'une faible teneur en azote, comme on en a trouvé par exemple dans les vergers d'herbage, bien que donnant peut-être la meilleure qualité de certains fruits à dessert, entraîne habituellement les plus petites récoltes, tandis qu'un niveau convenable de nourriture azotée procure à la fois quantité et qualité. Les plus gros specimens de fruits ne sont pas obtenus avec les plus hautes fumures en azote, mais dans les conditions les plus favorables à l'emmagasinement des hydrates de carbone dans les fruits là où, en outre, l'azote n'est pas le facteur limitatif de la production. Ces conditions se trouvent entre des limites extrêmement hautes et basses de nourriture azotée dans lesquelles les arbres fruitiers doivent se développer, et doivent être déterminées par les expériences dans chaque cas particulier.

Obstbäume

Unter den Kalimangelerscheinungen bei Obstbäumen ist die sogenannte „Blattdürre“ die auffälligste. Diese tritt bei dem Obstbaum in der Weise in Erscheinung, daß die Menge des von den Blättern verdunsteten Wassers größer ist als die Wassermenge, die durch die Wurzeln aufgenommen wird. Das Ergebnis ist, daß die Zellen um die Blattränder herum absterben und so die typische „Blattdürre“ hervorrufen, verbunden mit einer Verminderung der Verdunstungsfläche (WALLACE 101, 192).

Versuche in Obstbetrieben haben bewiesen, daß „Blattdürre“ auf jedem Boden auftreten kann, wo die Kaliversorgung den Ansprüchen des Baumes nicht genügt. Man hat diese Erscheinung auch häufig auf alten Wiesen beobachtet, die aufgepflügt und mit Obstbäumen besetzt wurden. Dies ist auf die Tatsache zurückzuführen, daß hier das Stickstoff : Kali-Verhältnis gewöhnlich sehr weit ist. „Blattdürre“ kann auch bei einer fortgesetzten Anwendung von Handelsdüngern, die kein Kali enthalten, auftreten.

Die verschiedenen Obstarten zeigen beträchtliche Unterschiede in bezug auf die Empfindlichkeit für „Blattdürre“. So sind z. B. Äpfel, Stachelbeeren und rote Johannisbeeren sehr empfindlich, auch Himbeeren zeigen ziemlich leicht die Blattdürre, während Pflaumen, Birnen, schwarze Johannisbeeren und Erdbeeren im allgemeinen weniger empfindlich sind, wenn auch einige Sorten dieser Obstarten eine Ausnahmestellung einnehmen.

1. Entwicklung von „Blattdürre“

Im ersten Teil der Wachstumszeit hat das Laub gewöhnlich ein ganz normales Aussehen, aber ab Anfang Juni treten meistens die charakteristischen Merkmale des Kalimangels in Erscheinung. Die Farbe der Blätter ist in diesem Stadium oft bläulichgrün, manchmal auch leicht chlorotisch an den Rändern und zwischen den Adern. Bei manchen Pflaumensorten treten die chlorotischen Erscheinungen stark hervor. Bei Stachelbeeren zeigen die Blätter dann auch purpurfarbene Tönung, die später verschwindet. Die Blattränder haben die Neigung, sich unter die Blattoberfläche zu krümmen; bei gewissen Pflaumensorten krümmen sie sich aber in entgegengesetzter Richtung. Die Blattränder werden schließlich braun oder grau, nachdem die Blattzellen in diesen Teilen abgestorben sind, und es sieht aus, als ob sie durch Feuer verdorrt wären. Bei Himbeeren breitet sich die Bräune der Ränder innen zwischen den Blattadern bis zur Mittelrippe aus. „Blattdürre“ tritt besonders in heißen und trocknen Sommern auf.

Ein wichtiger Punkt, der bei chemischen Untersuchungen über die „Blattdürre“ auftauchte, ist der, daß in allen untersuchten Fällen der von dieser Krankheit befallene Baum offensichtlich an einem Mangel an Kali litt (HOBLYN 64). Dieser Mangel ist in allen oberirdischen Teilen des Baumes zu bemerken: an den Blättern, den Trieben, dem Stamm und den Früchten.

Niedriger Kaligehalt in den verschiedenen Teilen des Obstbaumes ist ein Zeichen für Kalimangel. Die Feststellung des Kaligehaltes ist eine verläßliche Methode für die Diagnose des Schadens. So sind zum Beispiel, als Richtschnur genommen, mehr als 50% der Asche von normalem Apfelfruchtfleisch Kali.

Kalimangel ist die Ursache vorzeitigen Blätterfalles in dem Obstgarten als Folge der Entwicklung der von den Rändern des Blattes ausgehenden Dürre. Während des Laubfalles wandelt sich die Blattfarbe gewöhnlich vom Grünen ins Schwarze, während helle Schattierungen im allgemeinen fehlen. Der Laubfall schreitet häufig in der Richtung von der Spitze zum Ansatz der Triebe vor, so daß die ältesten Blätter bis zuletzt haftenbleiben. Die Farbe der Rinde ist etwas heller als normal. Die Triebe haben die Neigung abzusterben, und so können selbst ganze Zweige durch den Kalimangel in Mitleidenschaft gezogen werden.

2. Bedeutung des Stickstoff- und Kaligleichgewichtes

Verschiedene Versuche haben deutlich den Beweis erbracht, daß ein richtiges Gleichgewicht zwischen Stickstoff und Kali das Geheimnis einer erfolgreichen Düngung im Obstbau ist. So haben zum Beispiel Düngungsversuche zu Himbeeren (WALLACE 188) in East Malling gezeigt, daß Stickstoffgaben zwar bis zu einem gewissen Grade das Rutenwachstum förderten, jedoch keine Erhöhung des Fruchtertrages brachten, außer in Fällen, wo Kali in der entsprechenden Menge gegeben wurde. „Blattdürre" trat, wie man festgestellt hat (ESSEX AGR. COM. 43), auf den einseitig mit Stickstoff gedüngten Parzellen in größerem Maßstabe auf als auf den unbehandelten Parzellen, während diese Krankheit durch eine Düngung mit Stickstoff und Kali fast ganz zum Verschwinden gebracht wurde. Man hat auch allgemein beobachtet, daß Krankheiten, wie Meltau, Schorf und Krebs, die durch ein starkes Überwiegen von Stickstoff gefördert werden, größtenteils durch Kalianwendung eingedämmt wurden.

3. Wirkung auf Ertrag und Größe der Frucht

Die Zahl der Blütenknospen wird durch Kalimangel nicht so stark vermindert wie bei Fehlen von Stickstoff. Dies ist eine Folge davon, daß Kalimangel ein Absterben der Triebe herbeiführt, was wieder eine anormale Entwicklung der Fruchtknospen mit sich bringt. Früchte, die sich aus diesen Fruchtknospen gebildet haben, fallen sehr leicht ab, und der weitaus größte Teil der Ernte ist Fallobst. Es ist bemerkenswert, daß eine Vermehrung der Fruchtknospen sehr häufig von einer Verminderung des Fruchtertrages begleitet ist. Kalimangelfrüchte sind gewöhnlich klein und unansehnlich in der Farbe und behalten, wenn man sie einlagert, ein unreifes Aussehen. Kalimangelfrüchte schrumpfen, auch wenn sie bei gewöhnlicher oder niedriger Temperatur eingelagert werden, stark ein und sind mehr der durch

niedrige Temperatur verursachten Fäule ausgesetzt. Der Prozentgehalt an Stickstoff ist in diesen Früchten gewöhnlich normal, doch ist der Säuregehalt häufig niedrig.

4. *Wirkung auf die Farbe der Früchte*

Bei Versuchen in East Malling (Hoblyn 65) zu dem Tafelapfel „Worcester Pearmain“, welcher hauptsächlich seiner roten Farbe halber gekauft wird, und zu dem grünen Kochapfel „Bramley“ war bei den Farbsortierungen das starke Nachlassen der Farbe dort, wo Stickstoff gegeben wurde, der beachtenswerteste Punkt. Kali verbesserte die Farbe von „Worcester Pearmain“ (Tafel XXIX) in beiden Jahren, was sowohl im Gesamtbild wie auch in der Intensität zum Ausdruck kommt. Obwohl bei der Sorte „Bramley“ in der Farbe zwischen „Nur Stickstoff“- und „Stickstoff + Kali“-Bäumen nur kleine Unterschiede vorhanden waren, war die grüne Färbung bei Früchten von den letzteren besonders ausgeprägt. Äpfel von Bäumen, die nur Stickstoff erhalten hatten, waren von einem weißlichen und ungesunden Grün, während die Früchte derjenigen Bäume, denen man Stickstoff und Kali verabfolgt hatte, eine gesunde grüne Farbe zeigten, die vollständig von der vorher genannten Farbe abwich (Tafel XXIX).

Um an Kalimangel leidenden Bäumen wieder zu normalem gesundem Wachstum zu verhelfen, darf eine regelmäßige Verabreichung von Kali nicht außer acht gelassen werden. Die Wirkung von Kaligaben ist oft erst zwei oder drei Jahre nach Anwendung sichtbar. Dies ist vermutlich darauf zurückzuführen, daß das Kali dazu neigt, in den oberen Bodenschichten absorbiert zu werden. Aus diesem Grunde wird die Herbstkaligabe zu Obstbäumen empfohlen, um das Einwaschen durch die winterlichen Niederschläge auszunutzen.

Die Bedeutung der Düngung in bezug auf die Fruchtqualität ist schon berührt worden. Der einfachste Weg zur Sicherung einer angemessenen Qualität ist der, daß vor allem eine angemessene Kaliversorgung im Boden gesichert und daß dann das Stickstoffverhältnis durch Düngungs- und andere Maßnahmen variiert wird. Auch Phosphorsäuredünger können z. B. bei Erdbeeren notwendig sein. Man muß immer daran denken, daß niedrige Stickstoffverhältnisse, wie man sie z. B. auf Grasland mit Obstbaumbestand findet, zwar sehr gute Qualität bei verschiedenen Tafelfrüchten bringen, gewöhnlich jedoch auch niedrigere Erträge, während über ein Höchstmaß der Stickstoffernährung hinaus sowohl Erträge wie auch Qualität absinken. Die größten Früchte erhält man nicht, wenn der Stickstoff überwiegt, sondern unter Bedingungen, die der Kohlehydratlagerung in den Früchten am günstigsten sind und wo ferner Stickstoff nicht der das Wachstum begrenzende Faktor ist. Diese Bedingungen liegen innerhalb des Bereiches der extrem hohen und niedrigen Stickstoffgaben, unter denen Obstbäume gedeihen, und sind erfahrungsgemäß je nach den besonderen Fällen zu bestimmen.

III. Vigne

Pour le chimiste analyste, le vin se présente comme une solution hydroalcoolique de bitartrate de potasse, saturée à la plus basse température que cette boisson a subie[1]. Les cuves et les tonneaux retiennent en incrustation, parfois abondante, ce bitartrate de potasse, ou crème de tartre connu dès l'antiquité.

On sait donc fort bien, depuis des siècles que la vigne exporte dans sa production des quantités importantes de potasse; elle a bientôt fait d'épuiser les réserves du sol et, dès lors, n'y trouve plus son alimentation correcte. Le déséquilibre devient manifeste lorsqu'on utilise des fumures azotées et phosphatées sans potasse.

Les signes extérieurs qui apparaissent bientôt sont: un jaunissement des feuilles, avec des taches brunes («brunissure»), un rabougrissement des rameaux, une inaptitude à mûrir les grappes où des grains verts subsistent parmi des grains mûrs.

La «brunissure» va jusqu'à la nécrose des feuilles qui se trouent, deviennent cassantes et sont, en tout cas, incapables de jouer leur rôle physiologique.

A l'automne, les feuilles des vignes rougissent plus ou moins avant de tomber, suivant la variété. Mais pour une même variété, le rougissement se trouve beaucoup plus hâtif et plus intense lorsque la potasse fait défaut.

Lorsqu'on reconnait la «brunissure» ou le «rougeot», ces symptomes d'un état maladif par carence de potasse commandent l'emploi de doses élevées, pour satisfaire d'abord au besoin du sol, et obtenir pour la vigne malade une quantité de potasse facilement déplaçable suffisante (tableau XXVI).

Dans l'expérience faite par LAGATU à Mauguio près de Montpellier sur un champ ravagé par la «brunissure», il a fallu appliquer pendant trois années de suite 600 kg de potasse (K_2O), c'est à dire 1200 kg de chlorure de potassium, par hectare, pour redonner toute sa vigueur à la vigne malade. Ce redressement opéré, il suffit ensuite de mettre 200 kg de potasse K_2O par an, représentés par 400 kg de chlorure de potassium.

[1] Cette assertion est volontairement schématique et approximative. La répartition des bases et des acides est fort complexe dans les vins; il peut aussi y exister un état de sursaturation, un retard à la précipitation du tartre parfois notable encore dans les bouteilles de vin rouge ou blanc.

Wein

Für den analytischen Chemiker stellt sich der Wein dar als eine wäßrig-alkoholische Lösung von Kaliumbitartrat, gesättigt bei der tiefsten Temperatur, der dieses Getränk unterworfen wurde. In den Fässern setzen sich mitunter reichliche Krusten von diesem Kaliumbitartrat an, das als Weinstein schon im Altertum bekannt war.

Man weiß also schon seit Jahrhunderten sehr gut, daß der Rebstock in seinen Früchten beträchtliche Kalimengen dem Boden entzieht, so daß er sehr bald die Vorräte des Bodens erschöpft und dann nicht mehr das richtige Nährstoffverhältnis vorfindet. Die Störung wird offenbar, wenn man Stickstoff- und Phosphatdünger anwendet, aber kein Kali.

Die äußeren Zeichen, die bald sichtbar werden, sind: Vergilben der Blätter mit braunen Flecken, Verkrüppeln der Zweige, Unfähigkeit, die Trauben zur Reife zu bringen, so daß grüne Beeren neben den reifen Trauben bestehen bleiben. Das Braunwerden geht bis zum Absterben der Blätter, die löcherig und brüchig werden und jedenfalls nicht in der Lage sind, ihre physiologische Rolle zu erfüllen. Im Herbst werden die Blätter der Rebe je nach der Sorte mehr oder weniger rot, bevor sie fallen. Innerhalb einer Sorte findet das Rotwerden früher und intensiver statt, wenn Kalimangel vorliegt (Tafel XXVI).

Wenn man das verfrühte Braun- oder Rotwerden bemerkt, dann weisen diese Symptome eines durch Kalimangel verursachten krankhaften Zustandes auf die Notwendigkeit erhöhter Kalidüngung hin, damit, nachdem der Bedarf des Bodens gedeckt ist, die kranke Rebe eine genügende Menge von leicht aufnehmbarem Kali vorfindet. Bei einem Versuche von LAGATU in Mauguio bei Montpellier war es auf einem von dem Braunwerden befallenen Weinberg notwendig, drei Jahre hintereinander 600 kg K_2O, d. h. 1200 kg Chlorkalium je Hektar anzuwenden, um die kranken Reben wieder zu voller Kraft zu bringen. Nachdem auf diese Weise Abhilfe geschaffen war, genügte es, jährlich 200 kg K_2O in Form von 400 kg Chlorkalium zu verabfolgen.

Vines

Wine is regarded by the analytical chemist as a hydro-alcoholic solution of Acid Potassium Tartrate, saturated at the lowest temperature to which this beverage is subjected. Encrustations of Acid Potassium Tartarate or Cream of Tartar, as it has been known from ancient times, are formed in the vats and casks, sometimes in copious amounts.

It has been well known for centuries that the vine requires for growth considerable quantities of potash. It soon uses up the reserves of potash in the soil and, when this point is reached, it will suffer from unbalanced nutrition. The mal-nutrition symptoms become pronounced when nitrogenous and phosphatic fertilisers are used without potash.

The external symptoms which soon appear are the following: yellowing of the leaves with brown spots ("browning"), stunting of the branches and lack of power to ripen the bunches, so that green fruits are found amongst the ripe ones.

The "browning" may lead to necrosis of the leaves, which develop holes, become brittle and are in every case incapable of performing their physiological functions.

In the autumn the leaves of the vines redden more or less before falling, according to the variety, but within the same variety the reddening is much more premature and more intense when potash is deficient. The appearance of "browning" or of "reddening" which are the symptoms of potash deficiency, is the signal that liberal dressings of potash should be given in order to satisfy the needs of the soil and to place at the disposal of the plant a sufficient quantity of readily available potash.

In an experiment carried out by LAGATU at Mauguio, near Montpellier, on a field where the vines were subject to "browning", there were applied over three consecutive years nearly 540 lbs of potash (K_2O) per acre, that is to say, 1100 lbs of Muriate of Potash, in order to restore vigour to the crop. After the supply of this quantity of potash to the soil, it will be sufficient to apply annually per acre 180 lbs of potash (K_2O) equivalent to 360 lbs of Muriate of Potash.

IV. Farbige Darstellungen charakteristischer Kalimangelerscheinungen an wichtigen Kulturpflanzen

(Nach Farbenphotographien und farbigen Zeichnungen nach der Natur)

Reproductions en couleur
Signes caractéristiques de manque de potasse

(D'après photographies en couleurs et dessins coloriés d'après nature)

Coloured illustrations
characteristic symptoms of potash deficiency

(Prepared from colour photographs and coloured drawings)

I

Triticum vulgare VILL.

WEIZEN

Gelblich-grüne bis rotbraune Verfärbung des Randes und der Spitze der älteren Blätter
Kurze Stengelglieder (Internodien)
Schlaff herabhängende Blätter
Wellige Blattoberfläche
Spitze spiralig verdreht

FROMENT

Coloration vert jaune jusqu'à brun rouge des bords et de la pointe des vieilles feuilles
Entrenœuds courts
Feuilles pendantes
Surface ondulée
Pointe tournée en spirale

WHEAT

Yellowish green to reddish brown coloration of the edges and tips of the older leaves
Short internodes
Limp drooping leaves
Crinkled surface of leaf
Spiral curve of leaf towards the tip

I

Triticum vulgare VILL.



Weizen Froment Wheat

II

Triticum vulgare VILL.

WEIZEN

Links: ausreichende Kaliversorgung
Rechts: Kalimangel
Größere Anfälligkeit für Rostbefall

FROMENT

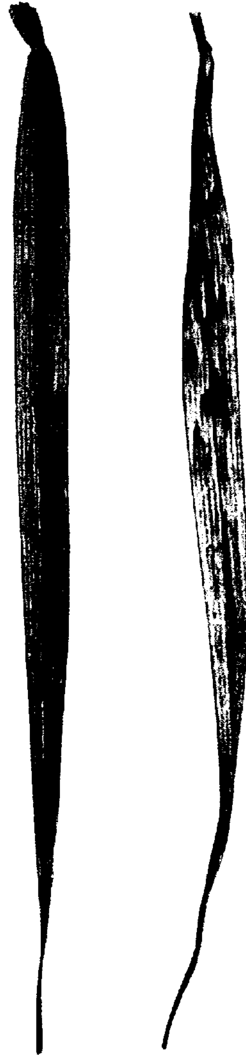
à gauche: alimentation suffisante en potasse
à droite: manque de potasse
Moindre résistance à l'attaque des rouilles

WHEAT

on left: sufficient potash
on right: potash deficiency
Increased susceptibility to rust

II

Triticum vulgare VILL.



Weizen Froment Wheat

III

Secale cereale L.

ROGGEN

Rechts: ausreichende Kaliversorgung
Links: Kalimangel
Blaugrüne Verfärbung der jungen Blätter
Gelblichgrüne bis rotbraune Verfärbung der älteren Blätter
Gestauchter Wuchs
Im Verhältnis zu den kurzen Stengelgliedern lange, schlaff herabhängende Blätter

SEIGLE

à droite: alimentation suffisante en potasse
à gauche: manque de potasse
Coloration vert bleu des jeunes feuilles
Coloration vert jaune jusqu'à rouge brun des vieilles feuilles
Croissance rabougrie
Entrenœuds courts
Feuilles relativement longues et pendantes

RYE

on right: sufficient potash
on left: potash deficiency
Bluish green coloration of the young leaves
Yellowish green to reddish brown coloration of the older leaves
Stunted growth
Internodes short as compared with the long drooping leaves

III

Secale cereale L.



Roggen Seigle Rye

IV

Secale cereale L.

ROGGEN

Rechts: (3 Pflanzen) ausreichende Kaliversorgung
Links: (3 Pflanzen) Kalimangel
Ein im Verhältnis zum Sproß schlecht entwickeltes Wurzelsystem
Braun verfärbte Wurzeln
Geringe Bestockung — Lange, schlaff herabhängende Blätter

SEIGLE

à droite: (3 plantes) alimentation suffisante en potasse
à gauche: (3 plantes) manque de potasse
Système radiculaire relativement chétif
Racines à coloration brune
Faible tallage — Feuilles pendantes

RYE

on right: (3 plants) sufficient potash
on left: (3 plants) potash deficiency
Root system badly developed as compared with the shoot
Brown colour of roots — Long drooping leaves

Avena sativa L.

HAFER

Rechts: (3 Pflanzen) ausreichende Kaliversorgung
Links: (4 Pflanzen) Kalimangel
Rotbraune Blattspitzen — Dunkle Färbung der Wurzeln

AVOINE

à droite: (3 plantes) alimentation suffisante en potasse
à gauche: (4 plantes) manque de potasse
Pointes brunies — Coloration foncée des racines

OATS

on right: (3 plants) sufficient potash
on left: (4 plants) potash deficiency
Tips of the leaves reddish brown — Dark colour of roots

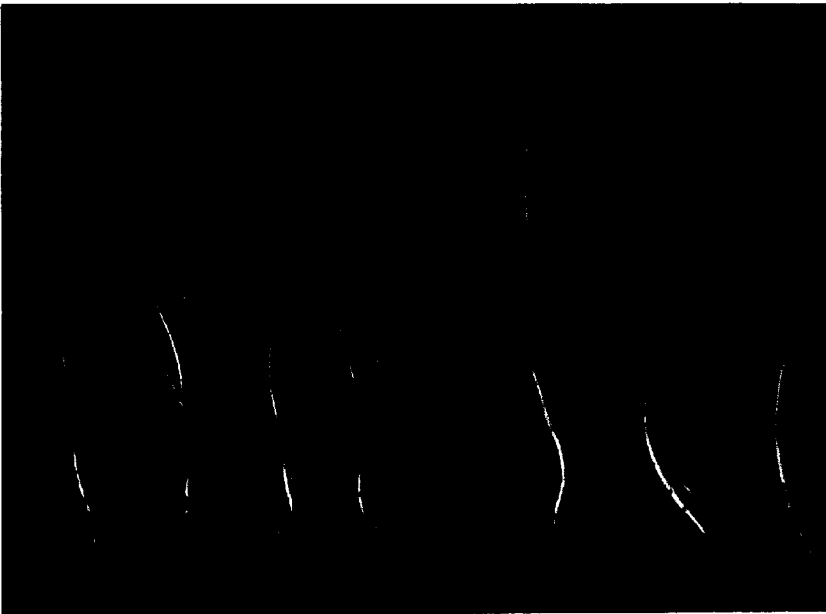
IV

Secale cereale L.



Roggen Seigle Rye

Avena sativa L.



Hafer Avoine Oats

V

Avena sativa L.

HAFER

Gelbliche bis rotbraune Streifigkeit der älteren Blätter
Gestauchter Wuchs
Kurze Stengelglieder und verhältnismäßig lange Blattspreiten
Herabhängende Blätter
Schlecht entwickelte Rispen, mangelhaft ausgebildete, auch taube Körner

AVOINE

Rayures jaunâtres jusqu'à brun rouge des vieilles feuilles
Plantes rabougries
Entrenœuds courts — Relativement longues feuilles
Feuilles pendantes
Panicules mal développées

OATS

Yellowish to reddish brown stripes on older leaves
Stunted growth
Short internodes — leaves comparatively long and drooping
Development of panicles poor; badly formed grain, with high percentage of "blind grains"

V

Avena sativa L.





Hafer Avoine Oats

VI

Hordeum L.

JAPANISCHE GERSTE

Gelbliche bis rotbraune Streifen auf den Blättern
Nekrotische Flecke

ORGE JAPONAISE

Rayures jaunâtres jusqu'à brun rouge des feuilles
Taches nécrotiques

JAPANESE BARLEY

Yellowish to reddish brown stripes on the leaves
Local necrosis of leaf tissue

GERSTE

Rechts: (3 Pflanzen) ausreichende Kaliversorgung
Links: (4 Pflanzen) Kalimangel
Schwache Keimpflänzchen mit schmalen Blättern und dünnen Stengeln
Gelblich bis rotbraune Blattspitzen — Schlechte Ausbildung der Keimwurzeln

ORGE

à droite: (3 plantes) alimentation suffisante en potasse
à gauche: (4 plantes) manque de potasse
Plantules faibles avec feuilles rétrécies et tiges minces
Pointes jaunâtres jusqu'à rouge brun — Mauvais développement des radicelles

BARLEY

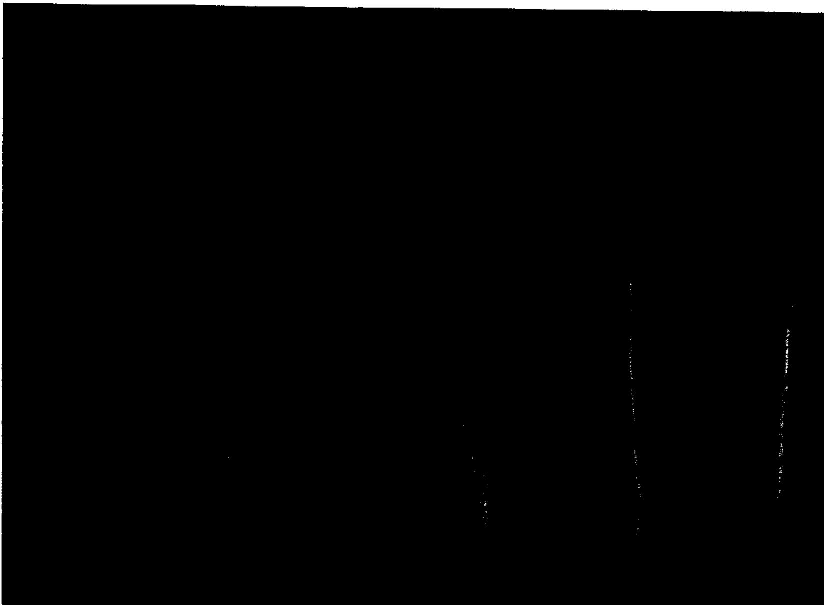
on right: (3 plants) sufficient potash
on left: (4 plants) potash deficiency
Sickly seedlings with narrow leaves and thin stalks
Tips of leaves yellowish to reddish brown — Root formation poor

VI

Hordeum L.



Japanische Gerste   Orge japonaise   Japanese Barley



Gerste   Orge   Barley

VII

Oryza sativa L.

REIS

Links: ausreichende Kaliversorgung
Rechts: Kalimangel

Blaugrüne Farbe der jungen Blätter
Gelbliche bis rostbraune Verfärbung der älteren Blätter von der Spitze ausgehend
Mangelhafte Fruchtbildung
Lange und dünne Ähren

RIZ

à gauche: alimentation suffisante en potasse
à droite: manque de potasse

Coloration vert foncé des feuilles, partant des pointes
Formation défectueuse des grains
Epis longs et minces

RICE

on left: sufficient potash
on right: potash deficiency

Bluish green colour of the young leaves
Yellowish to reddish brown coloration of the older leaves, starting at the tip
Long thin ears
Formation of grain poor

VII

Oryza sativa L.



VIII

Oryza sativa L.

REIS

Gelbliche bis rostbraune Verfärbung der Blätter von der Spitze ausgehend
Unregelmäßige nekrotische Flecke auf Blättern und Ähren
Mangelhafte Fruchtbildung

RIZ

Coloration jaunâtre jusqu'à rouge brun des feuilles, partant des pointes
Taches nécrotiques irrégulières sur les feuilles et les épis
Formation imparfaite des grains

RICE

Yellowish to rust brown coloration of the leaves starting at the tips
Irregular necrotic areas on the surface of the leaves and ears
Grain formation poor

VIII

Oryza sativa L.



IX

Zea mays L.

MAIS

Links: (1 Blatt) ausreichende Kaliversorgung
Rechts: (3 Blätter) fortschreitender Kalimangel
Starke Wellung der Blattoberfläche
Bei Zunahme des Kalimangels hellgrüne Verfärbung der Blätter
Braune Verfärbung des Blattrandes und insbesondere der Blattspitze
Vertrocknen der Blattspitze

MAIS

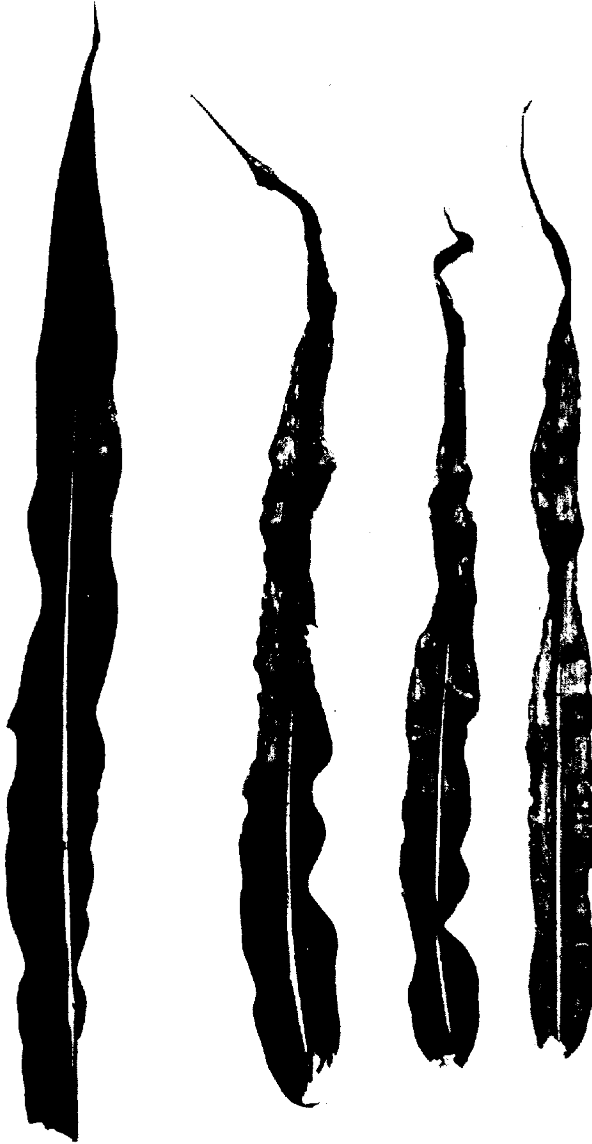
à gauche: (1 feuille) alimentation suffisante en potasse
à droite: (3 feuilles) manque progressif de potasse
Forte ondulation des feuilles et ensuite, coloration vert clair des feuilles
Coloration brune des bords, et surtout des pointes des feuilles
Dessiccation des pointes

MAIZE (Corn)

on left: (1 leaf) sufficient potash
on right: (3 leaves) progressive potash deficiency
Marked corrugation of the leaf surface
At a more advanced stage of potash starvation the leaves assume a light green colour
Brown coloration of the edges and particularly of the tips of the leaves
Withering of the tips of the leaves

IX

Zea mays L.



X

Zea mays L.

MAIS

Eisenansammlung in den Stengelknoten, nachgewiesen mit Rhodankalium (Hoffermethode)

MAIS

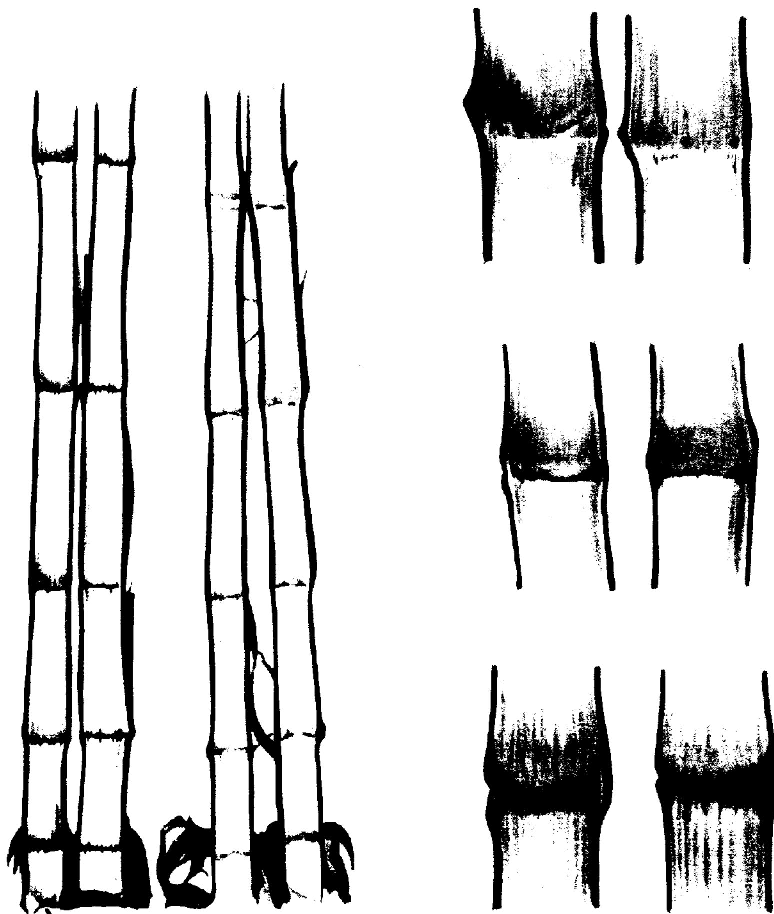
Accumulation de fer dans les nœuds, constatée par le sulfocyanure de potassium (méthode Hoffer)

MAIZE (Corn)

Iron accumulation at the nodes of the stalk shown with potassium thiocyanate (Hoffer method)

X

Zea mays L.



XI

Medicago sativa L.

LUZERNE

Oben:

Links: ausreichende Kaliversorgung

Rechts: Kalimangel

Spätere Blüte

Chlorotische Flecke

Unten:

Scharf umrandete weiße Flecke an den Blatträndern (Weißtüpfligkeit)

LUZERNE

en haut:

à gauche: alimentation suffisante en potasse

à droite: manque de potasse

Floraison retardée

Taches chlorotiques

en bas:

Taches blanches à bordures bien marquées aux bords des feuilles (Maladie des taches blanches)

LUCERNE (Alfalfa)

above:

on left: sufficient potash

on right: potash deficiency

Retardation of flowering

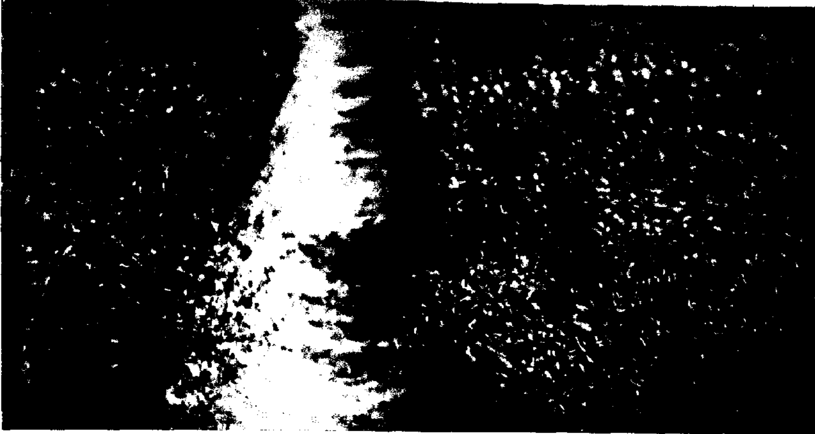
Chlorotic spots

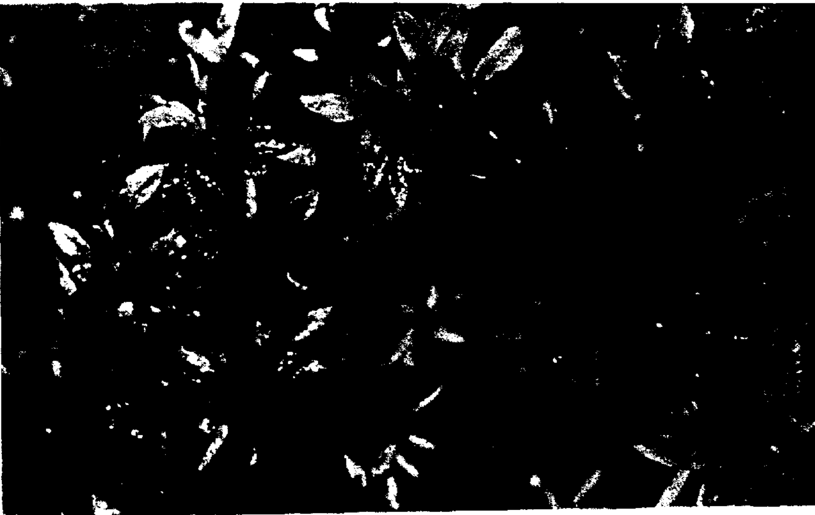
below:

Well defined white spots at the leaf margins (white-spottedness)

XI

Medicago sativa L.





XII

Trifolium pratense L.

ROTKLEE

Links: ausreichende Kaliversorgung
Rechts: Kalimangel
Weißliche bis gelbe Tüpfel an den Blatträndern

TREFLE ROUGE

à gauche: alimentation suffisante en potasse
à droite: manque de potasse
Taches blanchâtres jusqu'à jaunes aux bords des feuilles

RED CLOVER

on left: sufficient potash
on right: potash deficiency
Whitish to yellowish spots at the leaf margins

Trifolium incarnatum L.

INKARNATKLEE

Links: ausreichende Kaliversorgung
Rechts: Kalimangel
Gelblichgrüne bis braune Flecken an den Blatträndern
Bräunliche Verfärbung und Verkrümmung der Blattränder

TREFLE INCARNAT

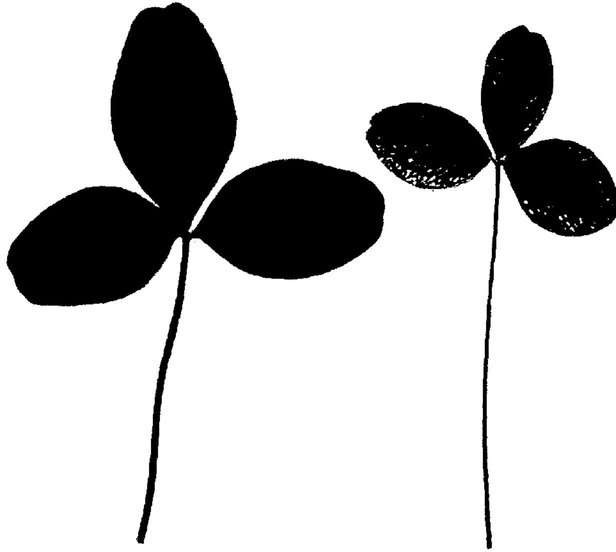
à gauche: alimentation suffisante en potasse
à droite: manque de potasse
Taches du vert jaunâtre au brun, aux bords des feuilles
Coloration brunâtre, bords des feuilles concaves

CRIMSON CLOVER

on left: sufficient potash
on right: potash deficiency
Yellowish green to brown spots at the leaf margins
Brown coloration and curling of the leaf margins

XII

Trifolium pratense L.



Rotklee Trèfle rouge Red clover

Trifolium incarnatum L.



Inkarnatklee Trèfle incarnat Crimson clover

XIII

Trifolium repens L.

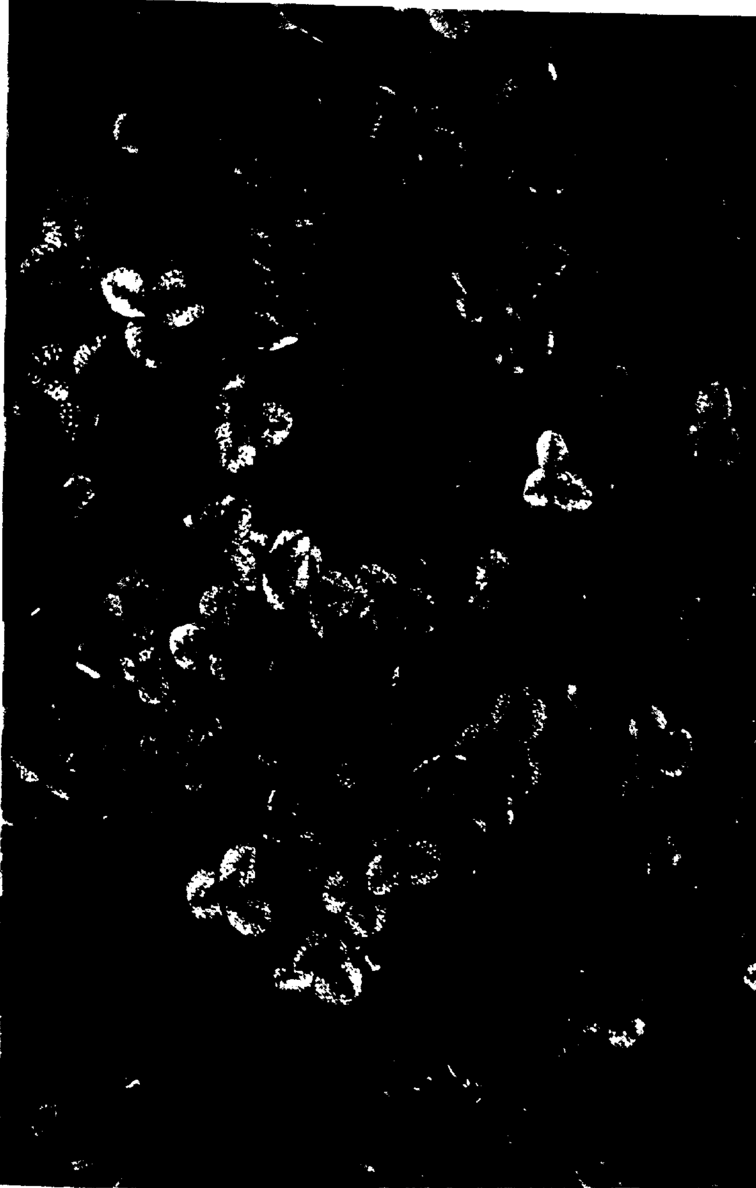
WEISSKLEE
Weißtüpfligkeit der Blätter

TREFLE BLANC
Taches blanches sur les feuilles

WHITE CLOVER
White-spottednes of the leaves

XIII

Trifolium repens L.



XIV

Phleum pratense L.

TIMOTHEE

Rechts: ausreichende Kaliversorgung
Links: Kalimangel
Blaßgrüne Blattfarbe und rostbraune Verfärbung der Blattspitzen
Gestauchter Wuchs

FLEOLE

à droite: alimentation suffisante en potasse
à gauche: manque de potasse
Feuilles vert clair, et coloration brun rouille des pointes
Croissance réduite

TIMOTHY

on right: sufficient potash
on left: potash deficiency
Light green colour of the leaves; rust brown coloration at the tips of the leaves
Stunted growth

XIV

Phleum pratense L.



XV

Phalaris canariensis L.

KANARIENGRAS

Rechts: ausreichende Kaliversorgung
Links: Kalimangel
Braun verfärbte, vertrocknete Blattspitzen

ALPISTE DES CANARIES

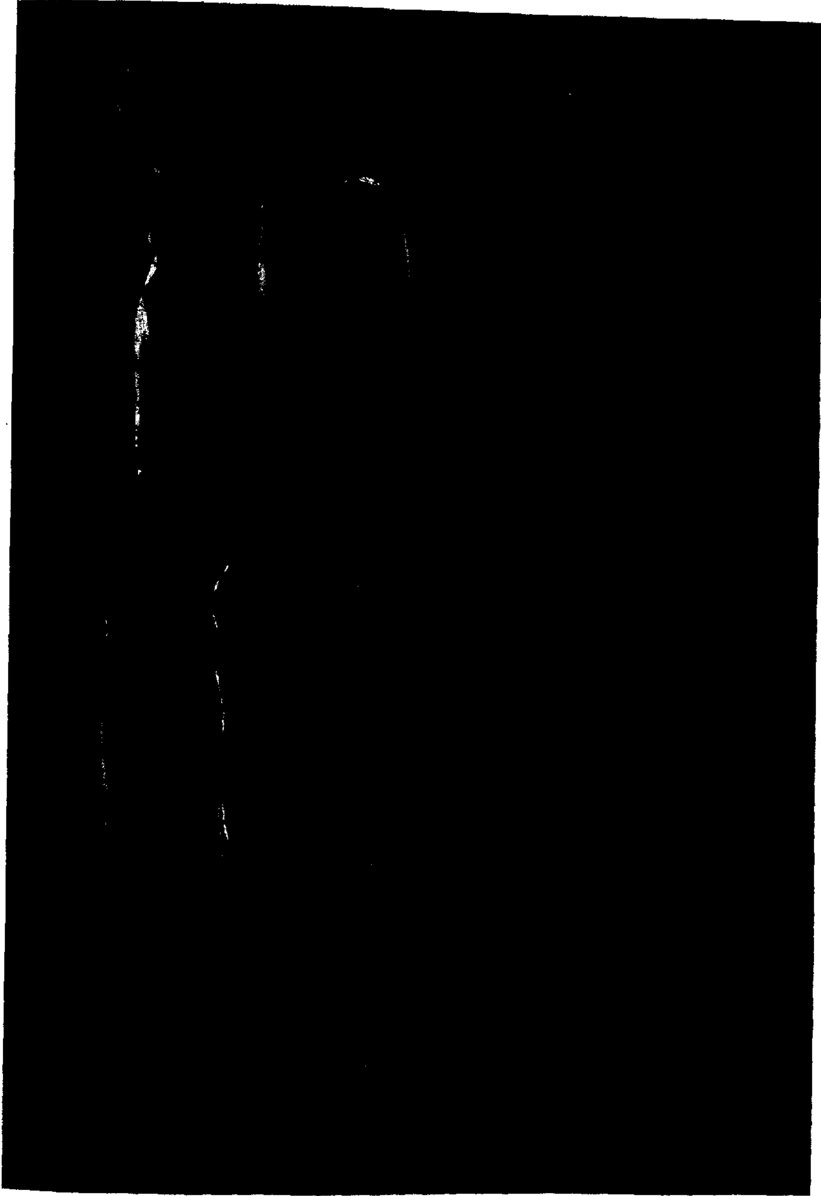
à droite: alimentation suffisante en potasse
à gauche: manque de potasse
Pointes des feuilles colorées en brun et desséchées

CANARY-GRASS

on right: sufficient potash
on left: potash deficiency
Brownish coloratio and withering of the tips of the leaves

XV

Phalaris canariensis L.



XVI

Vicia faba L.

PFERDEBOHNE

Rechts: ausreichende Kaliversorgung
Links: Kalimangel
Blaugrüne Farbe, Blattrand schwarz bis grün
Gestauchter Wuchs — Kurze Stengelglieder
Blätter bilden einen stumpfen Winkel mit dem Stengel

FEVEROLLE

à droite: alimentation suffisante en potasse
à gauche: manque de potasse
Couleur bleu vert, bord des feuilles noir à vert
Croissance réduite — Entrenœuds courts
Les feuilles forment un angle plus ouvert avec la tige

HORSE BEAN

on right: sufficient potash
on left: potash deficiency
Bluish green colour of leaves; leaf margins black to green
Stunted growth — Short internodes
Leaves form an obtuse angle with the stalks

Glycine hispida MAXIM.

SOJABOHNE

Gelblichgrüne bis rotbraune Flecke an den Blatträndern der älteren Blätter
Stark gewellte, herabhängende Blätter
Gestauchter Wuchs

SOJA

Taches vert jaunâtre jusqu'à brun rouges aux bords des plus vieilles feuilles
Feuilles pendantes, fortement ondulées
Croissance réduite

SOY BEAN

Yellowish green to reddish brown spots at the margins of the older leaves
Drooping leaves with crinkled surface
Stunted growth

XVI

Vicia faba L.



Pferdebohne   Féverolle   Horse bean

Glycine hispida Maxim.



Sojabohne   Soja   Soy bean

XVII

Beta vulgaris subspec. altissima DÖLL.

ZUCKERRÜBE

Oben:

Gelbliche bis rotbraune Verfärbung des Blattrandes und der Blattfläche zwischen den Adern

Blaugrüne Verfärbung der Blattfläche um die Blattadern

Wellige Blattfläche, insbesondere Krümmen des Blattrandes nach abwärts

Unten:

Braune Flecke und Streifen an den Stielen der älteren Blätter

BETTERAVE A SUCRE

en haut:

Coloration jaunâtre à brun rouge du bord des feuilles et de la surface des feuilles entre les nervures

Coloration bleu vert de la surface des feuilles autour des nervures

Feuilles ondulées, surtout courbures des bords des feuilles vers le dessous

en bas:

Taches et raies brunes sur les pétioles des plus vieilles feuilles

SUGAR BEET

above:

Yellowish to reddish brown coloration between the veins and at the margins of the leaves

Bluish green coloration of the leaf surface round the veins

Crinkled surface of leaf; leaf margins curl downwards

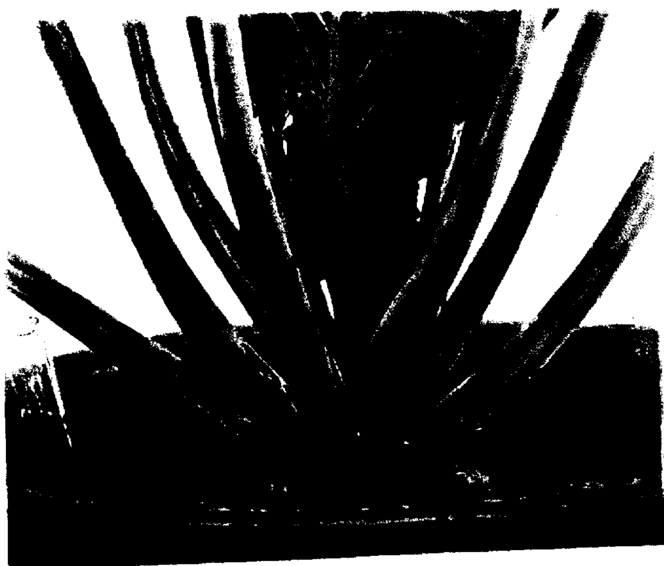
below:

Brown spots and stripes on the stems of the older leaves

XVII

Beta vulgaris subspec. altissima DÖLL.





XVIII

Beta vulgaris subspec. altissima DÖLL.

ZUCKERRÜBE

Oben: Außenansicht
Unten: Die gleichen Rüben im Schnitt
Von links nach rechts fortschreitender Kalimangel
Dunkle Verfärbung der Wurzeln
Neigung zu Wurzelfäule

BETTERAVE A SUCRE

en haut: aspect extérieur
en bas: les mêmes betteraves, en coupe
De gauche à droite, manque progressif de potasse
Coloration sombre des racines
Prédisposition à la pourriture des racines

SUGAR BEET

above: whole beets
below: sections through the same beets
From left to right: Progressive potash starvation
Dark coloration of the roots
Tendency to root rot

XVIII

Beta vulgaris subspec. altissima DÖLL.



XIX

Beta vulgaris subspec. altissima DÖLL.

ZUCKERRÜBE

Oben: verstärkte Volldüngung
Unten: Kalimangel
Besonders starke Auswirkung der Nematodenschäden

BETTERAVE A SUCRE

en haut: fortes doses de fumure complète
en bas: manque de potasse
Effet particulièrement fort des dégâts des nématodes

SUGAR BEET

above: heavy application of complete fertiliser
below: potash deficiency
Considerable damage to crop by nematodes

XIX

Beta vulgaris subspec. altissima DÖLL.





XX

Solanum tuberosum L.

KARTOFFEL

Oben links: ausreichende Kaliversorgung
Oben rechts und unten: zunehmender Kalimangel
Gelbliche bis schwarzbraune Verfärbung der Blattränder
Abwärtsbiegen der Spitze und des Randes der Blätter
Enge Stellung der Fiederblättchen

POMME DE TERRE

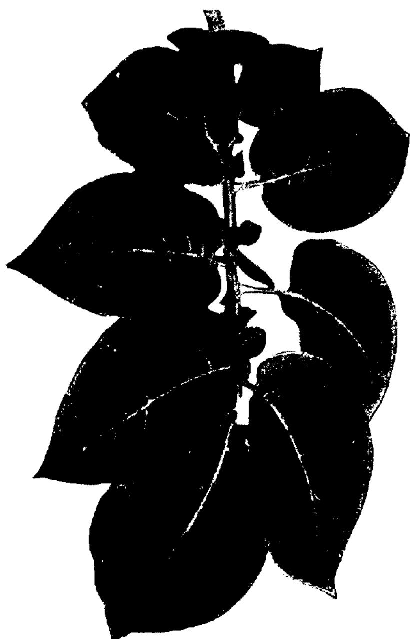
en haut, à gauche: alimentation suffisante en potasse
en haut, à droite et en bas: manque progressif de potasse
Coloration jaunâtre à brun noir des bords des feuilles
Courbure vers le dessous de la pointe et du bord des feuilles
Position serrée des folioles

POTATO

above, on left: sufficient potash
above, on right and below: progressive potash deficiency
Yellowish to blackish brown coloration of the leaf margins
Tips and margins of leaves curled downwards
Pinnules crowded together

XX

Solanum tuberosum L.









XXI

Solanum tuberosum L.

KARTOFFEL

Oben:

Blaugrüne Verfärbung der Blätter um die Adern
Rotbraune Verfärbung des Blattrandes
Starke Abwärtskrümmung des Randes und der Spitze des Blattes
Enge Stellung der Fiederblättchen

Unten:
Links: ausreichende Kaliversorgung
Rechts: Kalimangel

Blaugrüne Verfärbung der Blattflächen zwischen den Adern
Rotbraune Verfärbung des Randes und der Blattspitze
Starke Abwärtskrümmung des Blattrandes und der Blattspitze
Infolge gedrängter Stellung der Fiederblättchen kurze Blätter
Herabhängende Blätter, dünner Stengel

POMME DE TERRE

en haut:

Feuilles colorées en vert bleu autour des nervures
Coloration brun rouge du bord des feuilles
Forte courbure vers le dessous du bord et de la pointe de la feuille
Position serrée des folioles

en bas:
à gauche: alimentation suffisante en potasse
à droite: manque de potasse

Coloration vert bleu des feuilles entre les nervures
Coloration brun rouge du bord et de la pointe des feuilles
Forte courbure vers le dessous du bord et de la pointe des feuilles
Feuilles courtes, par suite du resserrement des folioles
Feuilles pendantes — Tiges minces

POTATO

above:

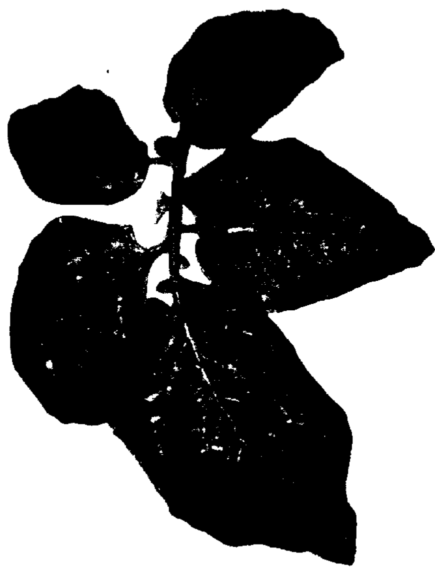
Bluish green coloration of the leaves round the veins
Reddish brown coloration of the leaf margins
Marked downward curl of the margins and tips of the leaves
Pinnules crowded together

below:
on left: sufficient potash
on right: potash deficiency

Bluish green coloration of the leaf surface between the veins
Reddish brown coloration of the leaf margins and tips
Marked downward curling of the margins and tips of the leaves
Short leaves — Drooping leaves and thin stalks

XXI

Solanum tuberosum L.









XXII

Solanum tuberosum L.

KARTOFFEL

Oben: ausreichende Kaliversorgung
Unten: Kalimangel

Vorzeitiges Vertrocknen der Blätter

POMME DE TERRE

en haut: alimentation suffisante en potasse
en bas: manque de potasse

Dessiccation prématurée des feuilles

POTATO

above: sufficient potash
below: potash starvation

Premature withering of the leaves

XXII

Solanum tuberosum L.





XXIII

Solanum tuberosum L.

KARTOFFEL

Kalimangel verursacht bläuliche Verfärbung im Kartoffelfleisch

POMME DE TERRE

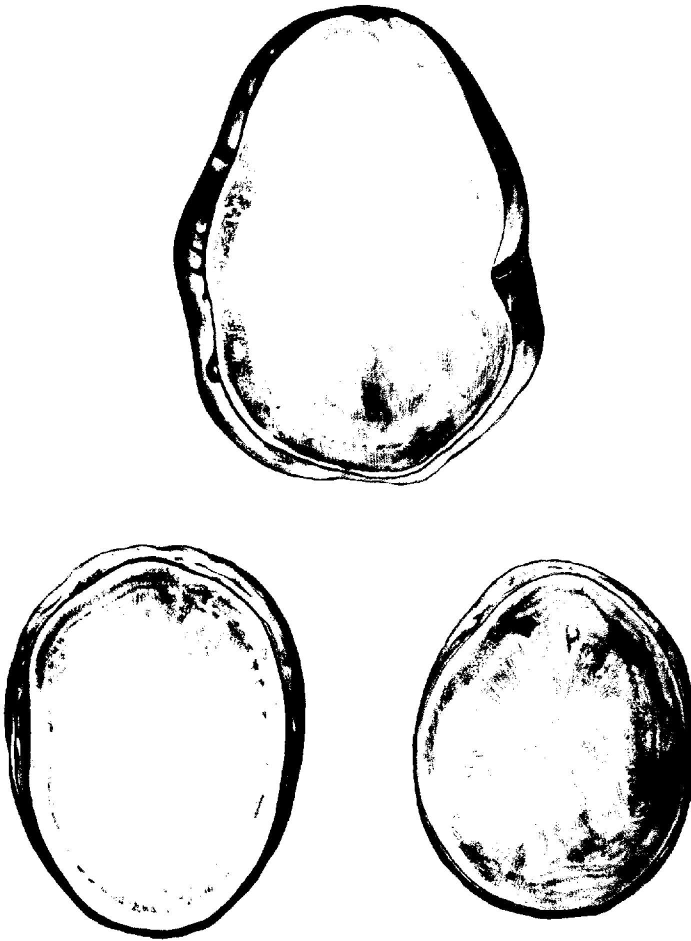
Le manque de potasse cause la coloration bleuâtre dans le tubercule

POTATO

Potash starvation causes the flesh of the tuber to turn a bluish colour

XXIII

Solanum tuberosum L.



Kartoffel   Pomme de terre   Potato

XXIV

Beta vulgaris subspec. crassa ALEF.

FUTTERRÜBE

Blaugrüne Verfärbung der jungen Blätter
Wellige Blattoberfläche
Herabhängen der Blätter
Vorzeitiges gleichzeitiges Vertrocknen der älteren Blätter

BETTERAVE FOURRAGERE

Coloration en vert bleu des jeunes feuilles
Surface ondulée des feuilles
Feuilles pendantes
Dessiccation prématurée de toutes les vieilles feuilles

MANGOLD

Bluish green coloration of the young leaves
Crinkled surface of the leaves
Drooping of leaves
Premature and simultaneous withering of the older leaves

XXIV

Beta vulgaris subspec. crassa ALEF.



Futterrübe Betterave fourragère Mangold

XXV

Vitis vinifera L.

REBE

Braune Flecke auf den Blättern
Ungleichmäßiges Reifen der Trauben

VIGNE

Taches brunes sur les feuilles
Maturation inégale des raisins

GRAPE-VINE

Brown spots on the leaves
Irregular ripening of the grapes

XXV

Vitis vinifera L.



Rebe Vigne Grape-vine

XXVI

Vitis vinifera L.

REBE

Vorzeitiges Braunrotwerden der Blätter

VIGNE

Coloration prématurée en rouge brun des feuilles

GRAPE-VINE

The leaves assume prematurely a brownish red colour

XXVI

Vitis vinifera L.



Rebe Vigne Grape-vine

XXVII

Pirus malus L.

APFEL

Unten: ausreichende Kaliversorgung
Oben: Kalimangel
Schwarzbraune Verfärbung des Blattrandes
Abwärtskrümmung der Blätter

POMMIER

en bas: alimentation suffisante en potasse
en haut: manque de potasse
Coloration brun noir du bord des feuilles
Courbure des feuilles vers le dessous

APPLE

below: sufficient potash
above: potash deficiency
Marginal brown scorch and downward curling of the leaves

XXVII

Pirus malus L.





Apfel Pommier Apple

XXVIII

Pirus malus L.

APFEL

Oben: ausreichende Kaliversorgung
Unten: Kalimangel
Blaugrüne Verfärbung des Laubes
Früchte zeigen eine schlechte Färbung (zu wenig rot)

POMMIER

en haut: alimentation suffisante en potasse
en bas: manque de potasse
Coloration bleu vert du feuillage
Les fruits ont une coloration imparfaite (rouge trop peu vif)

APPLE

above: sufficient potash
below: potash deficiency
Bluish green colour of the foliage
Poor colour of the fruit (pale red)

XXVIII

Pirus malus L.





Apfel   Pommier   Apple

XXIX

Pirus malus L.

APFEL

Rechts: ausreichende Kaliversorgung
Links: Kalimangel
Kleine Früchte mit schwacher Färbung

POMME

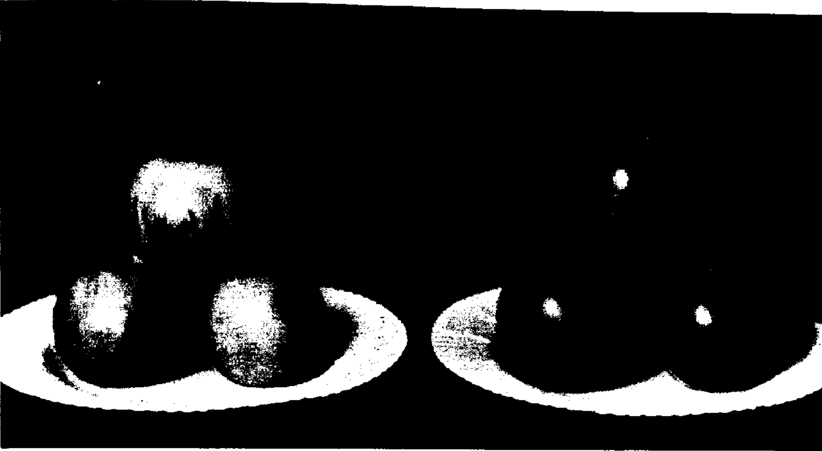
à droite: alimentation suffisante en potasse
à gauche: manque de potasse
Fruits plus petits, et de coloration faible

APPLE

on right: sufficient potash
on left: potash deficiency
Small fruit with poor colour

XXIX

Pirus malus L.



„Worcester Pearmain"



„Bramley"

Apfel Pomme Apple

XXX

Citrus aurantium L.

ORANGE

Unten: ausreichende Kaliversorgung
Oben: Kalimangel
Blaugrüne zugespitzte Blätter
Ungleichmäßig geformte Früchte mit dicker Rinde

ORANGE

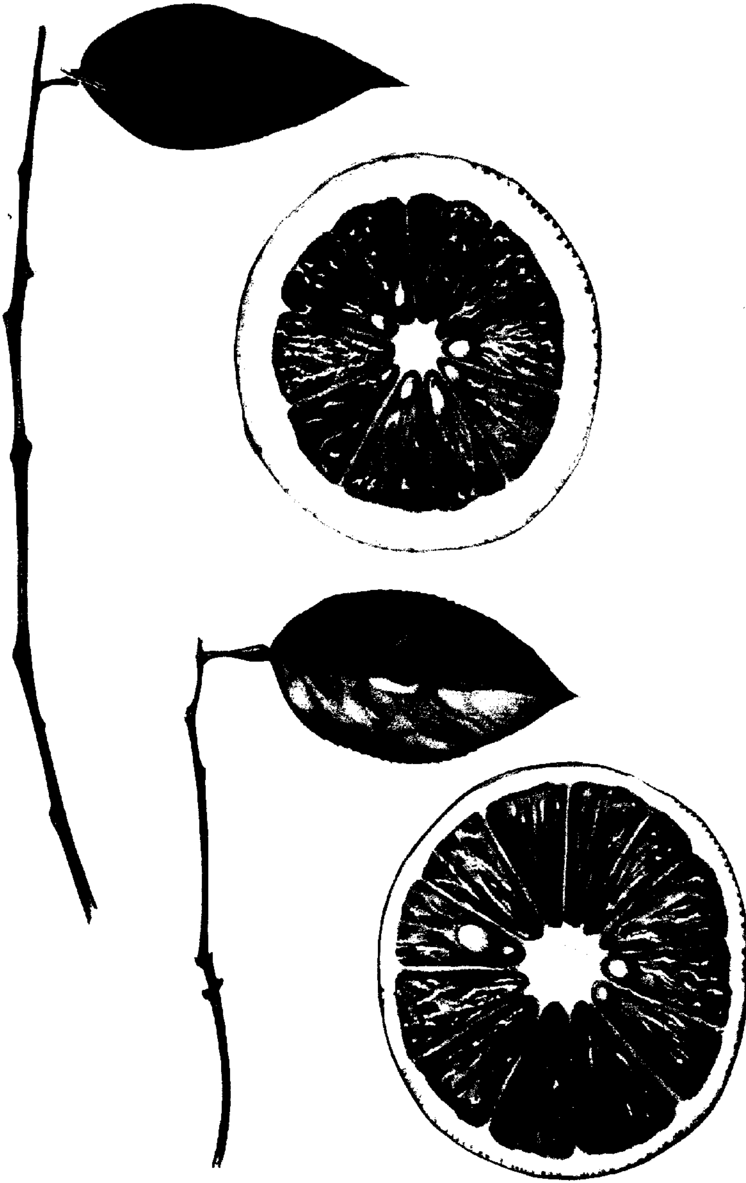
en bas: alimentation suffisante en potasse
en haut: manque de potasse
Feuilles pointues d'un vert bleuâtre
Formation irregulière des fruits avec écorce épaisse

ORANGE

below: sufficient potash
above: potash deficiency
Bluish green pointed leaves
Thick-skinned fruit

XXX

Citrus aurantium L.



Orange Orange Orange

XXXI

Citrus aurantium L. *subspec. japonica* Hook.

JAPANISCHE MANDARINE

Oben: ausreichende Kaliversorgung
Unten: Kalimangel
Braune nekrotische Flecke
Verkrümmung der Blätter

MANDARINE JAPONAISE

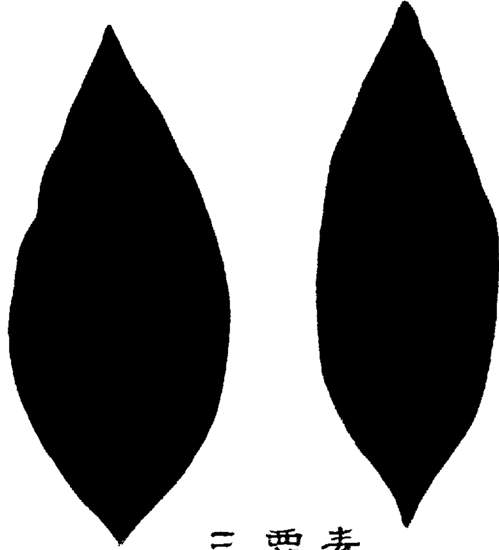
en haut: alimentation suffisante en potasse
en bas: manque de potasse
Taches nécrotiques brunes
Feuilles recroquevillées

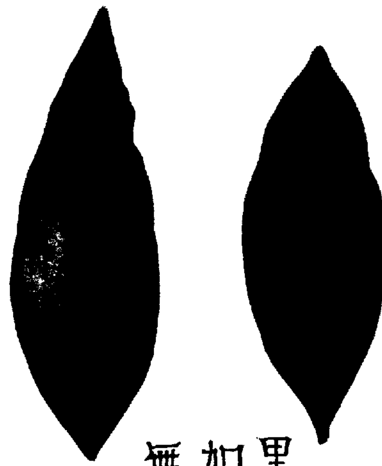
JAPANESE TANGERINE

above: sufficient potash
below: potash deficiency
Brown necrotic spots on the surface of the leaves
Curling of the leaves

XXXI

Citrus aurantium L. *subspec. japonica* Hook.





Japanische Mandarine Mandarine japonaise Japanese Tangerine

XXXII

Ribes rubrum L.

JOHANNISBEERE

Blattrandkrankheit infolge Kalimangel
Rotbraune Verfärbung und Vertrocknen der Blattränder
Wellige Blattfläche, Ränder nach abwärts gekrümmt
Herabhängende Blätter

GROSEILLER A GRAPPES

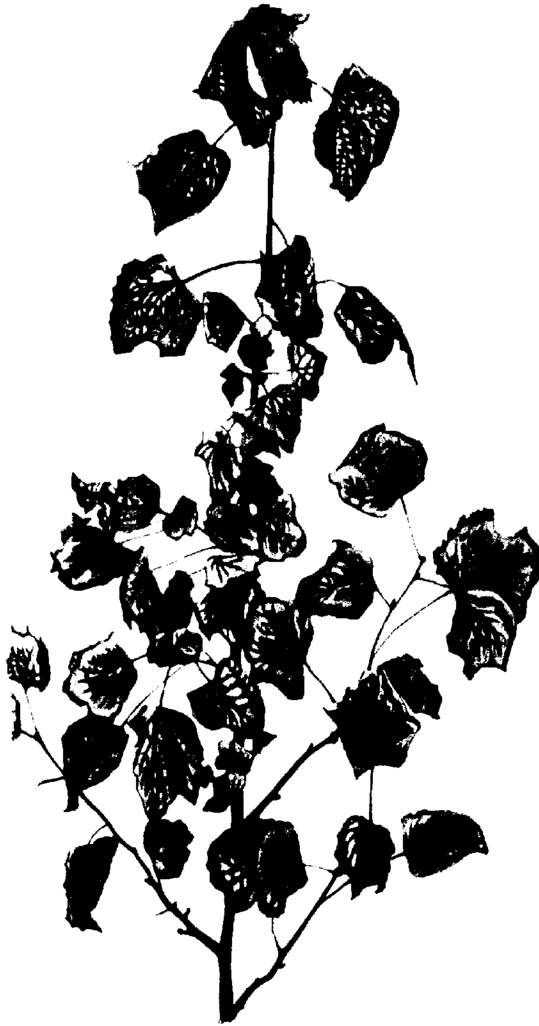
Maladie du bord des feuilles par manque de potasse
Coloration brun rougeâtre et dessiccation des bords des feuilles
Surface ondulée, bords recourbés vers le dessous
Feuilles pendantes

RED CURRANT

Leaf scorch as result of potash starvation
Reddish brown coloration and withering of the leaf margins
Crinkled surface and margins curling downwards
Drooping leaves

XXXII

Ribes rubrum L.



Johannisbeere Groseiller à grappes Red currant

XXXIII

Ribes grossularia L.

STACHELBEERE

Oben: ausreichende Kaliversorgung
Unten: Kalimangel
Vorzeitiger Blattfall

GROSEILLER EPINEUX

en haut: alimentation suffisante en potasse
en bas: manque de potasse
Chute précoce des feuilles

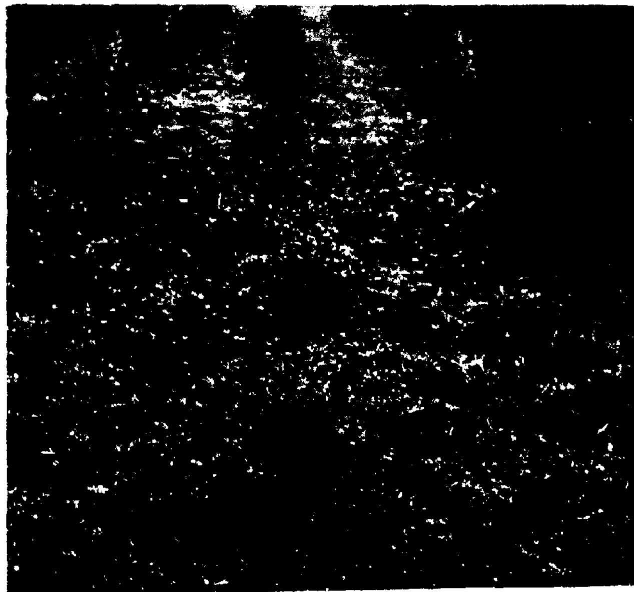
GOOSEBERRY

above: sufficient potash
below: potash deficiency
Premature shedding of the leaves

XXXIII

Ribes grossularia L.





Stachelbeere Groseiller épineux Gooseberry

XXXIV

Fragaria L.

ERDBEERE

Oben:

Blaugrüne Verfärbung der Blattfläche um die Adern
Violette bis braune Verfärbung der Blattränder

Unten:

Rand und Spitze des Blattes nach oben gekrümmt

FRAISIER

en haut:

Coloration vert bleuâtre de la surface des feuilles autour les nervures
Coloration du violet au brun des bords des feuilles

en bas:

Bords et pointes des feuilles recourbés vers le dessus

STRAWBERRY

above:

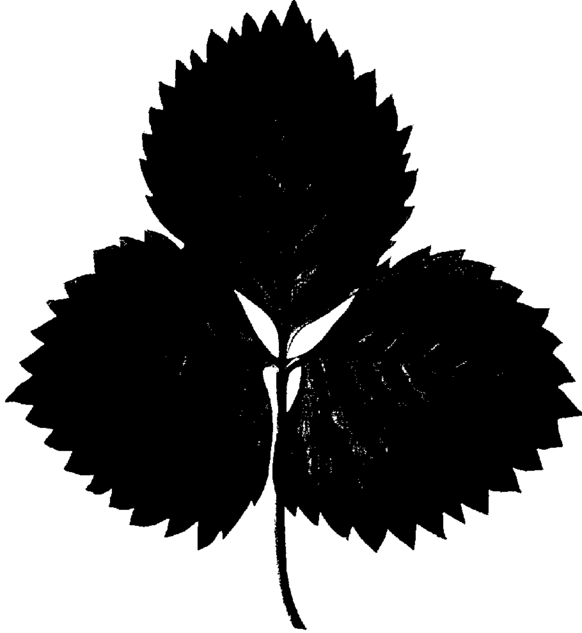
Bluish green colour of the leaf surface round the veins
Violet to brown colour of the leaf margins

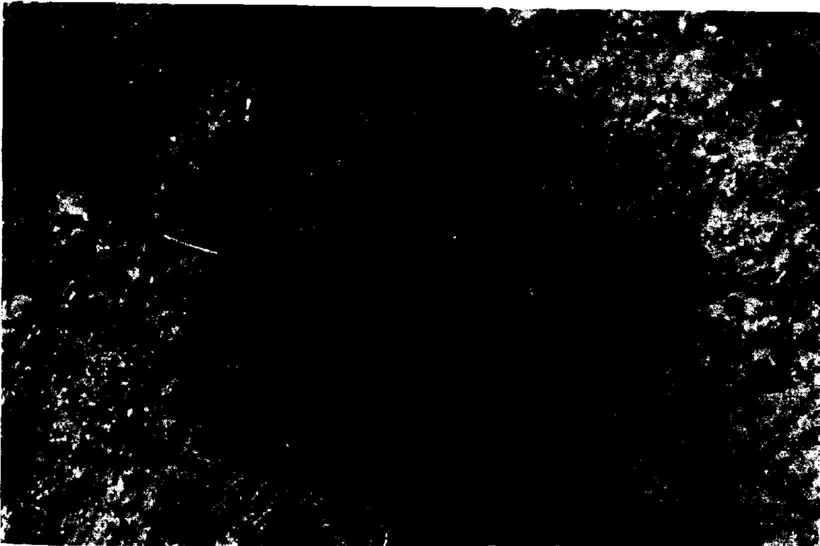
below:

Margins and tips of leaves curl upwards

XXXIV

Fragaria L.





Erdbeere Fraisier Strawberry

XXXV

Solanum lycopersicum L.

TOMATE

Schwarzbraune Verfärbung der Blattspitzen
Schwarzbraune Stellen auf dem Stengel

TOMATE

Coloration brun noirâtre des pointes des feuilles
Taches brun noir sur la tige

TOMATO

Dark brown colour of the tips of the leaves
Dark brown spots on the stem

XXXV

Solanum lycopersicum L.





Tomate Tomate Tomato

XXXVI

Allium cepa L.

ZWIEBEL

Links: ausreichende Kaliversorgung
Rechts: Kalimangel
Fehlendes Dickenwachstum der Knolle, lauchartige Form
Blattspitzen vertrocknen unter Braunfärbung

OIGNON

à gauche: alimentation suffisante en potasse
à droite: manque de potasse
Manque de développement du bulbe, aspect de poireau
Dessiccation et brunissure de la pointe des feuilles

ONION

on left: sufficient potash
on right: potash deficiency
Leek-like appearance of bulbs
Tips of the leaves turn brown and wither

XXXVI

Allium cepa L.



Zwiebel Oignon Onion

XXXVII

Daucus carota L.

KAROTTE

Rechts: ausreichende Kaliversorgung
Links: Kalimangel
Braune Verfärbung des Laubes
Dünnere Wurzeln

CAROTTE

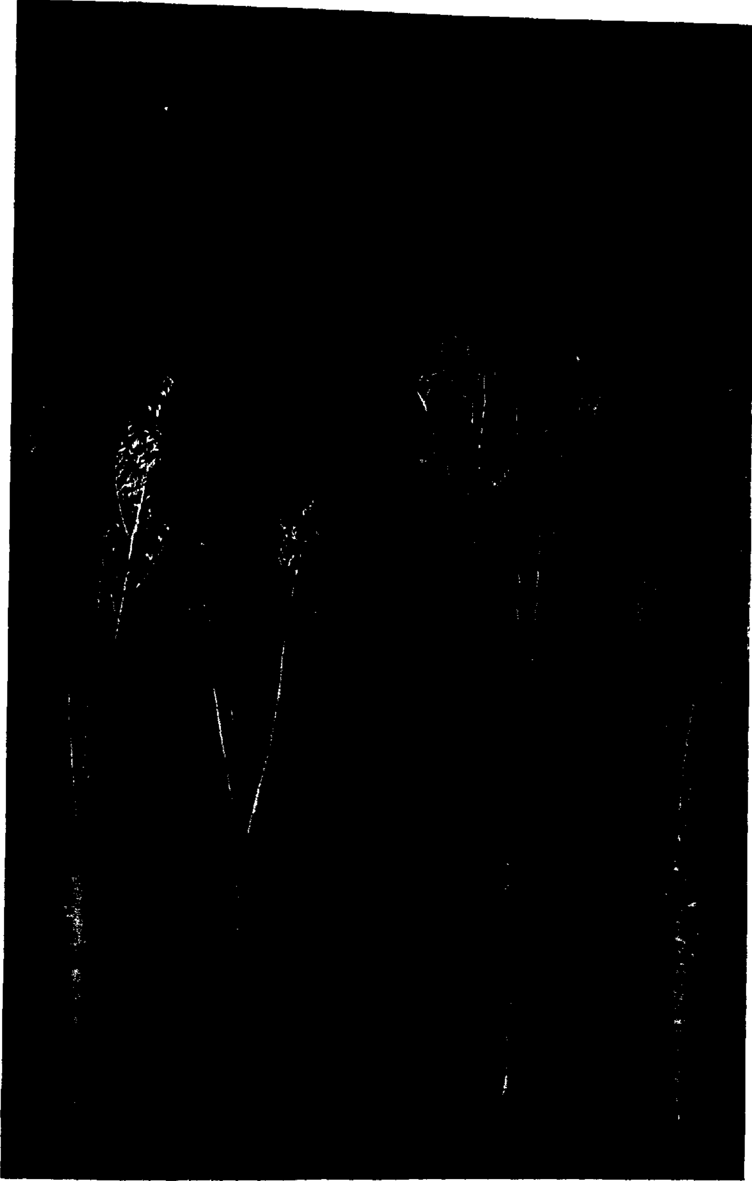
à droite: alimentation suffisante en potasse
à gauche: manque de potasse
Coloration brune du feuillage
Racines moins fortes

CARROT

on right: sufficient potash
on left: potash deficiency
Brown colour of the foliage
Spindly roots

XXXVII

Daucus carota L.



Karotte Carotte Carrot

XXXVIII

Spinacia oleracea L.

SPINAT

Rechts: (1 Blatt) ausreichende Kaliversorgung
Links: (4 Blätter) fortschreitender Kalimangel
Verkrümmung der Blätter — Vertrocknen der Blattränder

EPINARD

à droite: (1 feuille) alimentation suffisante en potasse
à gauche: (4 feuilles) manque progressif de potasse
Feuilles recroquevillées — Dessiccation des bords des feuilles

SPINACH

on right: (1 leaf) sufficient potash
on left: (4 leaves) progressive potash deficiency
Curling of the leaves — Withering of the leaf margins

Apium graveolens L.

SELLERIE

Unten: ausreichende Kaliversorgung
Oben: Kalimangel
Braune Verfärbung der Blätter und Blattstiele
Starke Blattverkrümmungen

CELERI

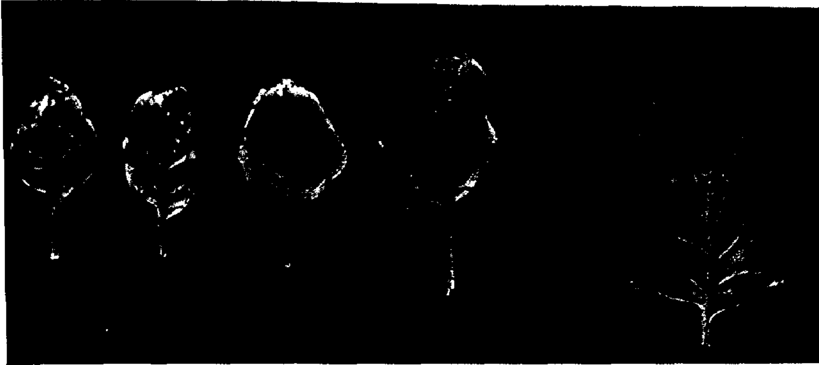
en bas: alimentation suffisante en potasse
en haut: manque de potasse
Coloration brune des feuilles et des pétioles
Feuilles recroquevillées

CELERY

below: sufficient potash
above: potash deficiency
Brown coloration of the leaves and stems
Marked curling of the leaves

XXXVIII

Spinacia oleracea L.



Spinat Epinard Spinach

Apium graveolens L.



Sellerie Céleri Celery

XXXIX

Capsicum annuum L.

PAPRIKA

Wellige Blattoberfläche — Gelbliche Verfärbung der Blätter an den Rändern und zwischen den Blattrippen

POIVRE ROUGE

Surface ondulée — Coloration jaunâtre des feuilles aux bords et entre les nervures

CHILLIES

Crinkled surface of the leaves — Characteristic coloration at the leaf margins and between the veins

Cucumis sativus L.

GURKE

Blaugrüne Verfärbung der Blätter um die Blattrippen
Beginnendes Absterben an den Blatträndern

CONCOMBRE

Coloration bleu vert au voisinage des nervures
Dépérissement des feuilles à partir des bords

CUCUMBER

Bluish green coloration of leaves round the veins
Leaf tissue beginning to die at the margins

XXXIX

Capsicum annuum L.



Paprika Poivre rouge Chillies

Cucumis sativus L.



Gurke Concombre Cucumber

XL

Brassica oleracea var. capitata L. *f. alba*

WEISSKOHL

Oben

Dunklere Färbung der Blätter

Braune Blattränder

Wellige Blattoberfläche

Unten

Weißliche bis violette Verfärbung und Vertrocknen der Blattspitzen

CHOU BLANC

en haut

Coloration plus foncée des feuilles

Bords bruns des feuilles

Surface ondulée des feuilles

en bas

Coloration blanchâtre et violacée, et dessiccation des extrémités des feuilles

WHITE CABBAGE

above

Dark colour of the leaves

Leaf margins brown

Crinkled surface of the leaf

below

Whitish to violet coloration and withering of the tip of the leaf

XL

Brassica oleracea var. capitata L. f. alba





Weißkohl   Chou blanc   White cabbage

Brassica oleracea var. capitata L. *f. rubra*

ROTKOHL

Oben:

Verblaßte rote Blattfarbe mit einem bläulichen Stich
Braune vertrocknete Blattränder
Wellige Blattoberfläche

Unten:

Rechts: ausreichende Kaliversorgung
Links: Kalimangel

Kleiner, lockerer Kopf, weniger rot gefärbt

CHOU ROUGE

en haut:

Feuilles d'un rouge lavé avec une nuance vers le bleu
Bords bruns et desséchés des feuilles
Surface ondulée

en bas:

à droite: alimentation suffisante en potasse
à gauche: manque de potasse

Tête moins serrée, à couleur moins foncée

RED CABBAGE

above:

Pale red colour with a bluish tinge
Brown withered leaf margins
Crinkled surface of leaf

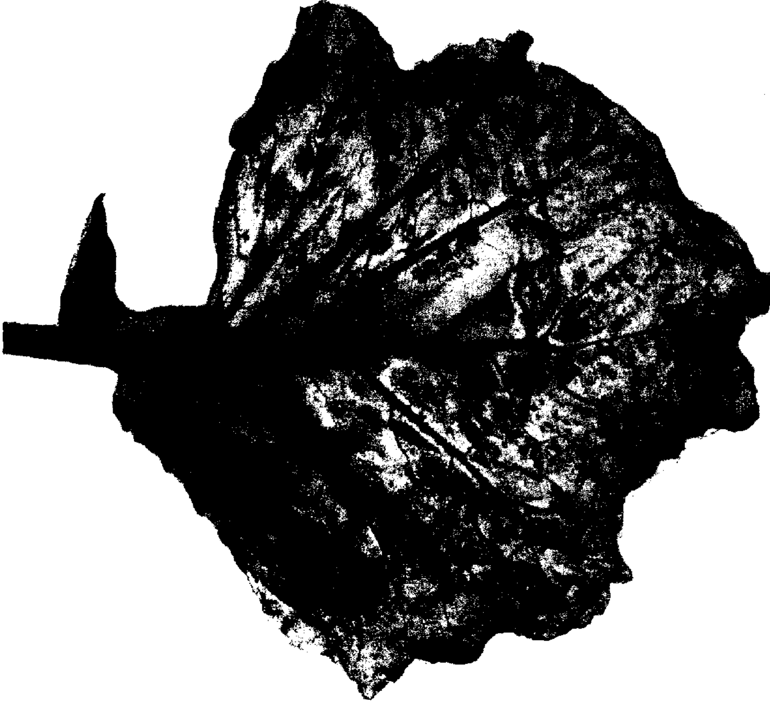
below:

on right: sufficient potash
on left: potash deficiency

Small loose heads, unhealthy colour

XLI

Brassica oleracea var. capitata L. *f. rubra*







Rotkohl   Chou rouge   Red cabbage

Brassica oleracea var. gemmifera DC.

ROSENKOHL

Oben:
Links: ausreichende Kaliversorgung
Rechts: Kalimangel
Schlecht entwickelte Rosen
Blaugrüne Farbe der jungen Blätter
Braune Verfärbung der Blattränder

Unten:
Rechts: ausreichende Kaliversorgung
Links: Kalimangel
Herabhängende Blätter
Vertrocknete Blattränder

CHOU DE BRUXELLES

en haut:
à gauche: alimentation suffisante en potasse
à droite: manque de potasse
Mauvais développement des petits choux
Coloration bleu vert des jeunes feuilles
Coloration foncée des bords des feuilles

en bas:
à droite: alimentation suffisante en potasse
à gauche: manque de potasse
Feuilles pendantes
Bords desséchés des feuilles

BRUSSELS SPROUTS

above:
on left: sufficient potash
on right: potash deficiency
Badly developed sprouts
Bluish green colour of the young leaves
Brown coloration at the leaf margins

below:
on right: sufficient potash
on left: potash deficiency
Drooping leaves
Withering of the leaf margins

XLII

Brassica oleracea var. gemmifera DC.





Rosenkohl Chou de Bruxelles Brussels Sprouts

XLIII

Brassica oleracea var. acephala DC.

GRÜNKOHL

Charakteristische Verfärbung der Blattränder

CHOU FRISÉ

Décoloration caractéristique des bords des feuilles

CURLY KALE

Characteristic coloration of the leaf margins

XLIII

Brassica oleracea var. acephala DC.



Grünkohl Chou frisé Curly kale

XLIV

Brassica oleracea var. sabauda L.

WIRSINGKOHL
Absterben der Blattränder

CHOU DE MILAN OU PANCALIER
Dépérissement des bords des feuilles

SAVOY KALE
Death of marginal tissue of the leaves

XLIV

Brassica oleracea var. sabauda L.



Wirsingkohl   Chou de Milan ou Pancalier   Savoy

XLV

Brassica oleracea var. botrytis L.

BLUMENKOHL

Gelbliche Verfärbung zwischen den Adern
Absterben der Blattränder

CHOU-FLEUR

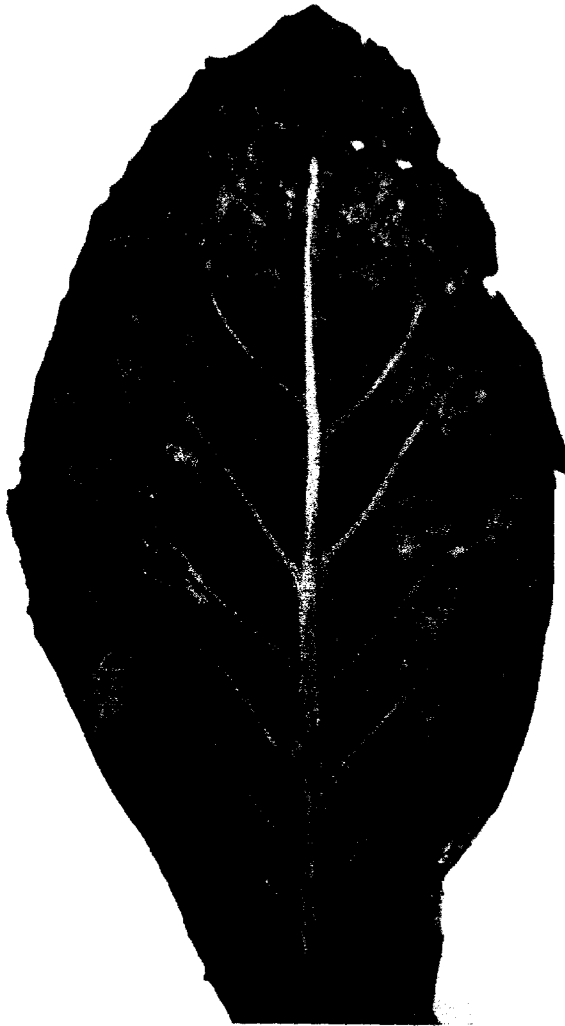
Décoloration jaunâtre entre les nervures
Dépérissement des bords des feuilles

CAULIFLOWER

Yellowish coloration between the veins of the leaves
Death of marginal tissue of the leaves

XLV

Brassica oleracea var. botrytis L.



Blumenkohl Chou-fleur Cauliflower

Phaseolus vulgaris L. *var. nanus* MARTENS.

BUSCHBOHNE

Braune nekrotische Flecke zwischen den Blattadern
Verkrümmung der Blätter

HARICOTS NAINS

Taches brunes nécrotiques entre les nervures des feuilles
Feuilles recroquevillées

BEAN

Brown spots and necrosis of the tissue between the veins of the leaves
Curling of the leaves

Pisum sativum L.

ERBSE

Links: ausreichende Kaliversorgung
Rechts: Kalimangel
Starke Wachstumshemmung
Gelbliche bis braune Verfärbung der Blätter
Fehlender Fruchtansatz

POIS

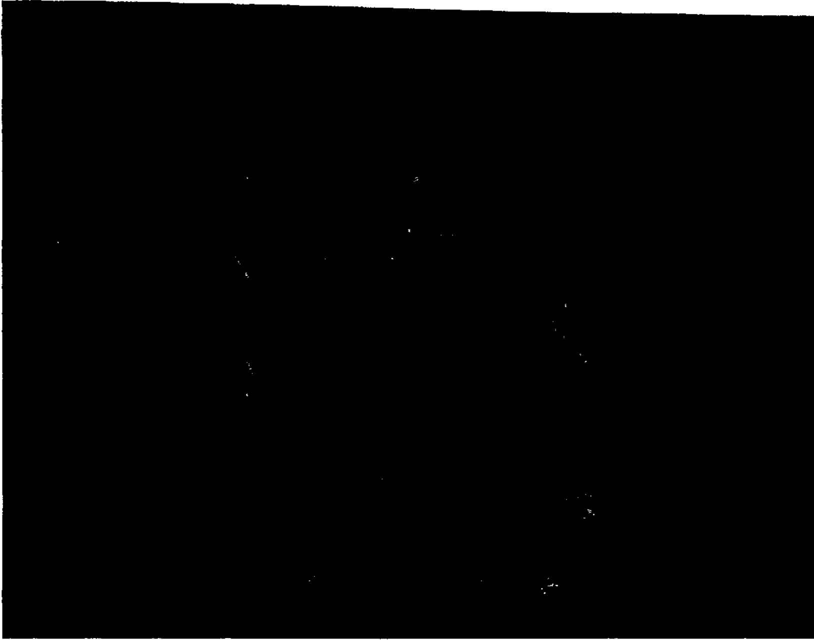
à gauche: alimentation suffisante en potasse
à droite: manque de potasse
La croissance est fortement génée
Décoloration jaunâtre et brunissure des feuilles
L'apparition des gousses est réduite

PEA

on left: sufficient potash
on right: potash deficiency
Marked retardation of growth
Yellowish to brown coloration of the leaves
Scantily filled pods

XLVI

Phaseolus vulgaris L. *var. nanus* MARTENS



Buschbohne Haricots nains Bean

Pisum sativum L.



Erbse Pois Pea

XLVII

Gossypium L.

BAUMWOLLE

Mit fortschreitendem Kalimangel stärkeres Auftreten von Baumwollrost
Vertrocknen der Blattspitzen und -ränder

COTON

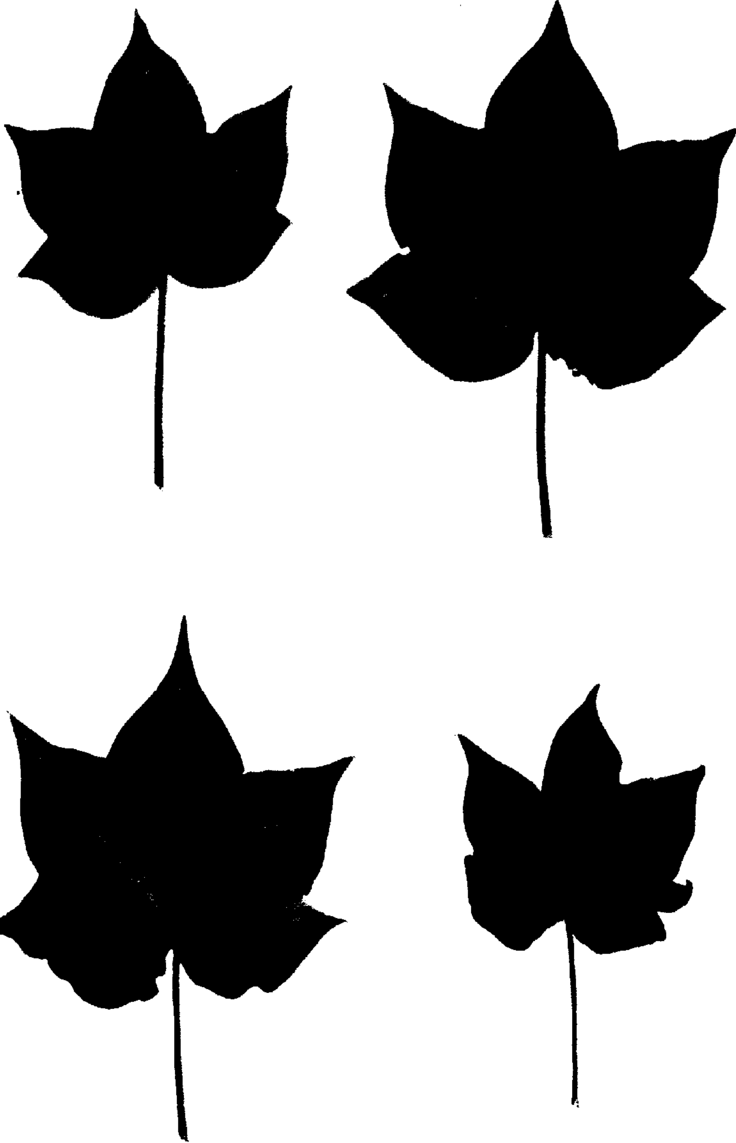
A la suite d'un manque croissant de potasse: apparition plus forte de la rouille du coton
Dessiccation des pointes et des bords des feuilles

COTTON

Progressive potash deficiency is accompanied by an increased incidence of cotton rust
Withering of the tips and margins of the leaves

XLVII

Gossypium L.



Baumwolle Coton Cotton

XLVIII

Gossypium L.

BAUMWOLLE

Links: ausreichende Kaliversorgung
Rechts: Kalimangel
Vorzeitiges Vertrocknen der Blätter
Kapseln reifen ungleichmäßig, geringere Faserentwicklung

COTON

à gauche: alimentation suffisante en potasse
à droite: manque de potasse
Dessiccation précoce des feuilles
Maturité inégale des capsules, fibres de qualité inférieure

COTTON

on left: sufficient potash
on right: potash deficiency
Premature withering of the leaves
Irregular ripening of the bolls, poor quality of fibre

XLVIII

Gossypium L.



Baumwolle Coton Cotton

XLIX

Linum usitatissimum L.

FLACHS

Oben:

Rotbraune Spitzen der Saat

Unten:

Rechts: (3 Pflanzen) ausreichende Kaliversorgung
Links: (5 Pflanzen) Kalimangel

Braune Verfärbung der Blätter
Zwergwuchs

LIN

en haut:

Pointes rouges-brunes des jeunes plantes

en bas:

à droite: (3 plantes) alimentation suffisante en potasse
à gauche: (5 plantes) manque de potasse

Coloration brune des feuilles
Taille naine

FLAX

above:

Reddish brown colour of the tips of the young plants

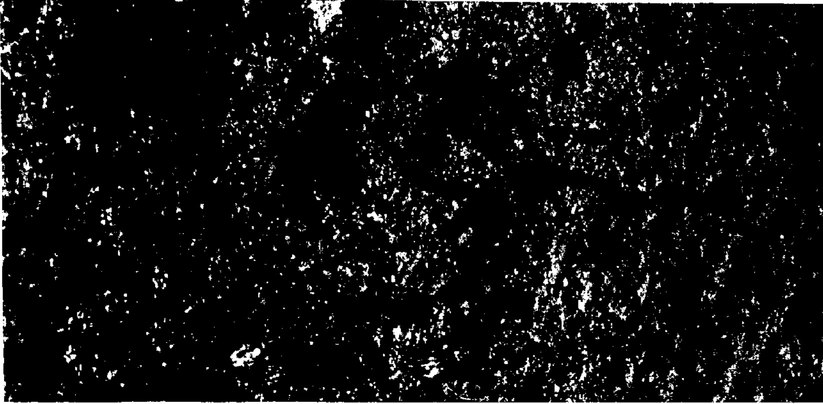
below:

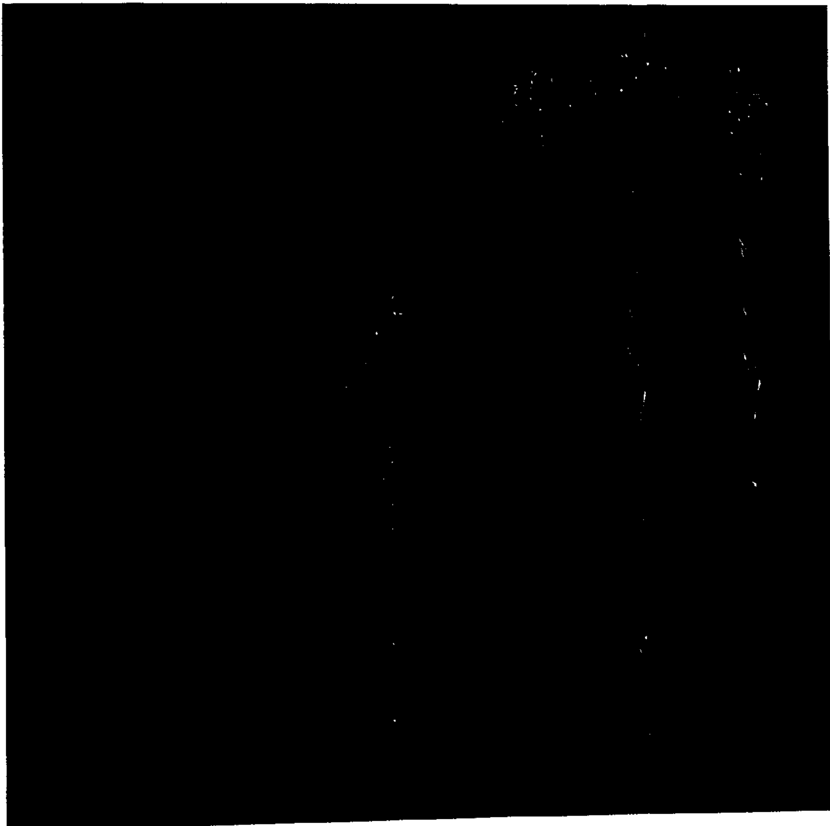
on right: (3 plants) sufficient potash
on left: (5 plants) potash deficiency

Brown coloration of the leaves
Characteristically stunted growth

XLIX

Linum usitatissimum L.





Flachs Lin Flax

L

Saccharum officinarum L.

ZUCKERROHR

Braune Streifen und helle Punkte
Nekrotische braunrote Flecke auf den Adern

CANNE À SUCRE

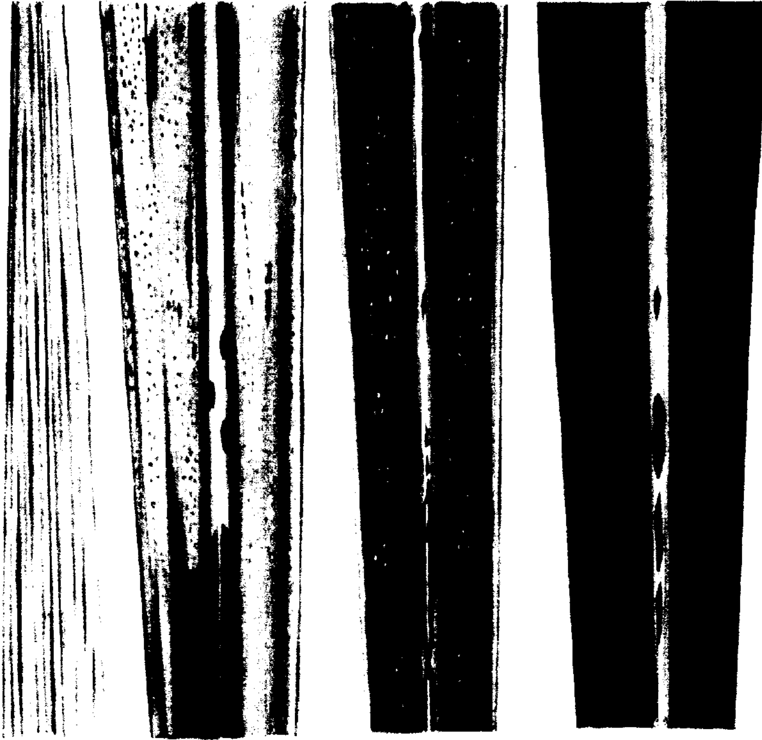
Rayures brunes et points blanchâtres
Taches brun rouges nécrotiques sur les nervures

SUGAR CANE

Brown stripes and whitish spots on the leaves
Brownish red spots with local necrosis of the tissue of the midrib

L

Saccharum officinarum L.



Zuckerrohr   Canne à sucre   Sugar cane

Coffea arabica L.

KAFFEE

Links: ausreichende Kaliversorgung
Rechts: Kalimangel
Ungleichmäßige Ausbildung der Blätter
Die einzelnen Blättchen dicht aneinander gedrängt
Dunkle Farbe der Blätter, braune Verfärbung zwischen den Blattadern

CAFEIER

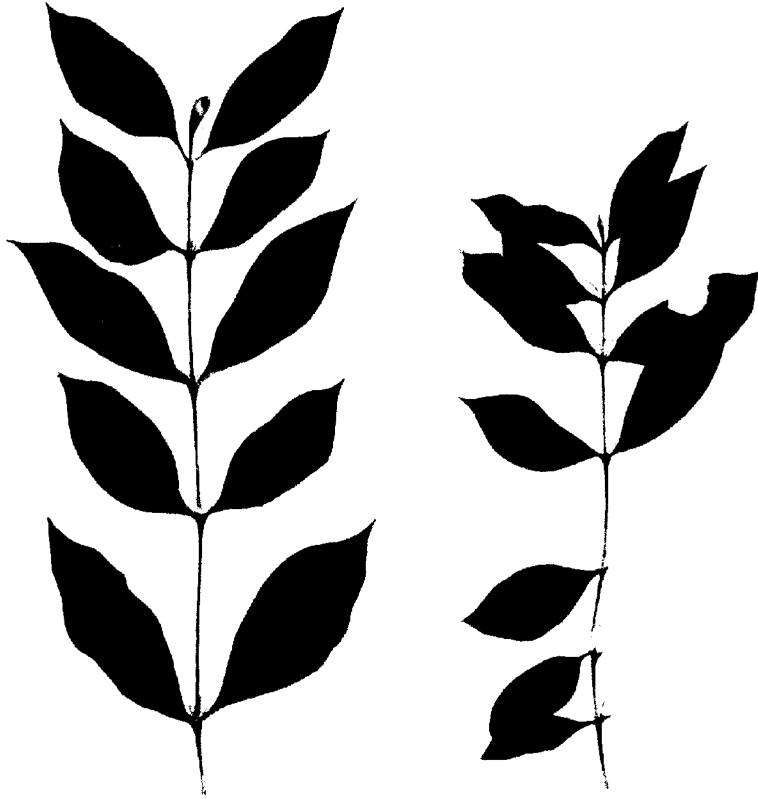
à gauche: alimentation suffisante en potasse
à droite: manque de potasse
Développement irrégulier des feuilles
Les folioles sont resserrées
Feuilles de couleur foncée, coloration brune entre les nervures des feuilles

COFFEE

on left: sufficient potash
on right: potash deficiency
Irregular development of the leaves
Young leaves crowded together
Dark colour of leaves and brown coloration between the veins

LI

Coffea arabica L.



Coffee

LII

Nicotiana tabacum L.

TABAK

Oben:

Von links nach rechts:

Gefäß Nr. 176 Volldüngung
Gefäß Nr. 154 Stickstoffmangel

Hellgrüne Farbe der Blätter, die über gelb vertrocknen

Gefäß Nr. 166 Kalimangel

Gelbbraune Flecke zwischen den Adern, Verkrümmung der Blätter, Absterben der Ränder

Gefäß Nr. 177 Phosphorsäuremangel

Schmale dunkelgrüne Blätter mit schwarzen Flecken

Unten:

Rechts: ausreichende Kaliversorgung
Links: Kalimangel

Gelbe Verfärbung, braune nekrotische Flecke — Absterben der Ränder

TABAC

en haut:

de gauche à droite:

Pot No. 176 Fumure complète
Pot No. 154 Manque d'azote

Couleur vert clair des feuilles qui sèchent en passant par la teinte jaune

Pot No. 166 Manque de potasse

Taches jaune brun entre les nervures, feuilles recroquevillées, dépérissement des bords

Pot No. 177 Manque de phosphore

Feuilles étroites vert sombres avec taches noires

en bas:

a droite: alimentation suffisante en potasse
à gauche: manque de potasse

Coloration jaune, taches brunes nécrotiques — Dépérissement des bords

TOBACCO

above:

from left to right:

Pot No. 176 Complete fertiliser
Pot No. 154 Nitrogen deficiency

Light green colour of leaves which passes through yellow before withering

Pot No. 166 Potash deficiency

Yellowish brown spots between the veins; curling of the leaves; death of the marginal tissue

Pot No. 177 Phosphoric acid deficiency

Narrow dark green leaves with black spots

below:

on right: sufficient potash
on left: potash deficiency

Yellowish colour of the leaves; brown spots with local necrosis of the leaf tissue
Death of the marginal leaf tissue

LII

Nicotiana tabacum L.







Tabak Tabac Tobacco

LIII

Nicotiana tabacum L.

TABAK

Gestauchter Habitus, abgestorbene braune Flecke auf den verkrümmten Blättern, leichtes Zerbrechen und Durchlöcherung der Blätter

TABAC

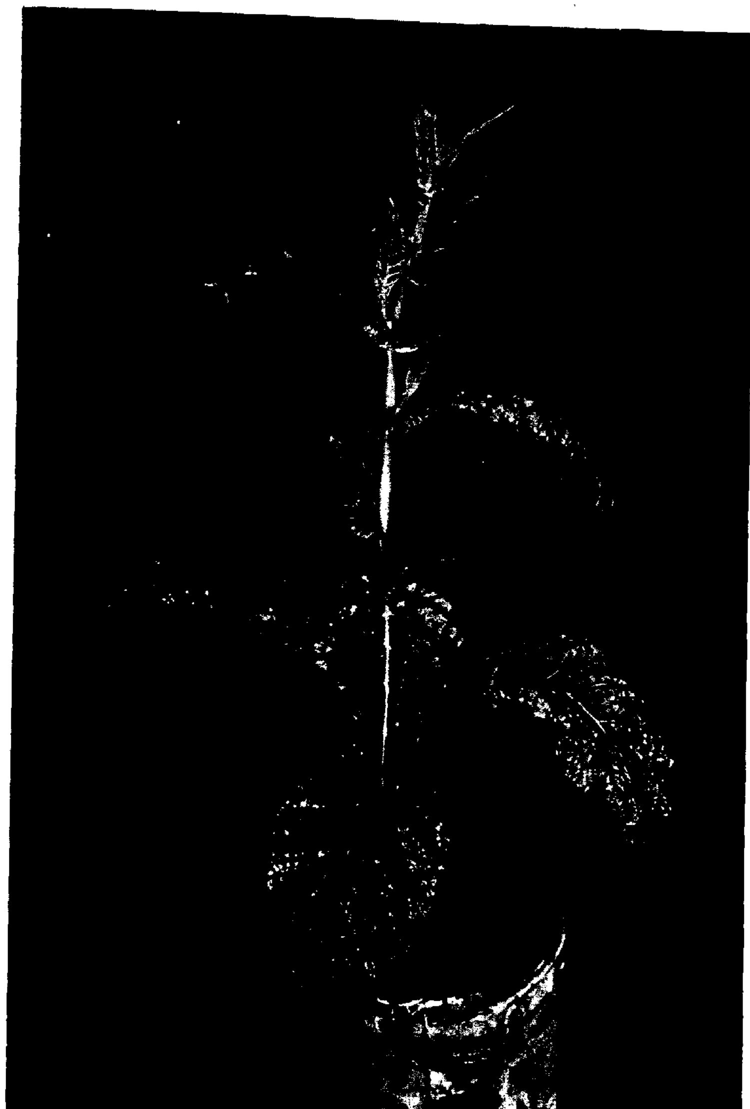
Conformation trapue, taches brunes nécrotiques sur les feuilles recroquevillées, feuilles cassantes et perforées

TOBACCO

Stunted appearance of the plant, local necrosis and death of leaf tissue, leaves brittle and easily perforated

LIII

Nicotiana tabacum L.



Tabak Tabac Tobacco

LIV

Mentha piperita L.

PFEFFERMINZE

Links: ausreichende Kaliversorgung
Rechts: Kalimangel
Blätter bleiben klein, braune Flecken zwischen den Blattadern

MENTHE

à gauche: alimentation suffisante en potasse
à droit: manque de potasse
Les feuilles restent petites, taches brunes entre les nervures

PEPPERMINT

on left: sufficient potash
on right: potash deficiency
Leaves remain small, brown spots between the veins of the leaves

LIV

Mentha piperita L.



Pfefferminze Menthe Peppermint

Literatur – Bibliographie – Bibliography

1. ACKER, W.: Wiss. Arch. f. Landw. A, 1932, Bd. 9, S. 104.
2. ALLYN, WM. P.: Proc. Ind. Acad. Sc., 1927, 37, S. 405—409.
3. ALTEN, F., u. G. GOEZE: Ern. d. Pflanze, 1935, S. 181.
4. ALTEN, F., u. G. GOEZE: Ern. d. Pflanze, 1936, S. 1.
5. AMES, J. W., u. R. W. GERDEL: Soil Sci., 1927, 23, S. 199—216.
6. ANDERSON, P. J.: Connecticut Agr. Exp. St. 1931, Tobacco Vol. XCII.
7. ANDERSON, P. J., T. R. SWANBACK u. O. E. STREET: Ern. d. Pflanze, 1933, S. 52. Connect. Agr. Exp. St. 1932, Bull. 334.
8. ARLAND, A.: Ern. d. Pflanze, 1931, S. 470.
9. ARLAND, A.: Ern. d. Pflanze, 1931, S. 445.
10. AUMÜLLER, FR.: Ern. d. Pflanze, 1930, S. 289.
11. BARTHOLOMEW, R. P. u. G. JANSSEN, Journ. Amer. Soc. Agron., 1929, 21, S. 751—765.
12. BARTHOLOMEW, R. P., u. G. JANSSEN: Ark. Agr. Expt. Sta., 1931, Bull. 265.
13. BLANCHARD u. CHAUSSIN: C. r. des Séances de l'Acad. Franc. 1929, Nr. 23, St. 188, P. 1515.
14. BLATTNÝ, C.: Ern. d. Pflanze, 1933, S. 361.
15. BLOW: Better Crops, March 1932, S. 9.
16. BODIN, Dtsch. Landw. Presse, 1930, S. 655.
17. BÖNING, K.: Der deutsche Tabakbau, 1929, S. 70.
18. BÖNING, K.: Zentralblatt f. Bakteriologie, Parasitenkunde und Infektionskrankheiten, II. Abt., 1933, Bd. 89, S. 85.
19. BOTJES, J. O.: Tijdschrift over Plantenziekten, 1929, 35, S. 5.
20. BOTJES, J. O.: Landbouwkundig Tijdschrift, 1932, S. 749.
21. BRAY, R. H.: Better Crops, 1936, 20, S. 11—16.
22. BRAY, R. H.: News Release during Farm and Home Week, Jan. 1936.
23. BREHMER, v.: Arb. d. Biol. Reichsanst., 1921, H. 21, S. 274.
24. BRENCHLEY, W. E., u. V. G. JACKSON: Ann. Bot., 1921, 35, S. 533—556.
25. BRUNO, A.: La carence du Potassium chez les végétaux. 11ème Congrès de chimie Industrielle, 1931.
26. BRUNO, A.: Chimie et Industrie, Vol. 29, 1933, Nr. 6, P. 160.
27. BRUNS, W.: Journ. f. Landwirtschaft, 1935, Bd. 83, S. 285.
28. BRUYN, L. DE: Tijdschr. v. Plantenziekten, 1933, Bd. 39, S. 281.
29. BUDBERG, E.: Ern. d. Pflanze, 1929, S. 220.
30. CLARK, E. E., u. H. K. WILSON: Jour. Amer. Soc. Agron., 1933, 25, S. 561—572.
31. CASALIS, M.: La Potasse, 1929, P. 154.
32. CLAUS, E.: Centralbl. f. d. Zuckerindustrie, 1934, S. 12.
33. COOPER, H. P., u. W. B. ROGERS: 46th Ann. Rpt. So. Carolina Agr. Exp. Sta., Dec. 1933.
34. COWIE, G. A.: Ern. d. Pflanze, 1933, S. 379.
35. DAVIS, M. B., u. H. HILL: Dom. of Canada, Dept. of Agric., Pamphlet Nr. 96.
36. DICKSON, J. G.: Amer. Jour. Bot., 8, S. 256—274.
37. DOERELL, E.: Die Düngung des Hopfens, Prag, 1933.
38. DOWDING, E. S.: Ann. Bot., 1925, 39, S. 459—474.

39. ECKSTEIN, O., u. A. JACOB: Zeitschr. f. Pflanzenernährung, Düngung und Bodenkunde. Teil A, 1929, Bd. 14, S. 205.
40. ECKSTEIN, O., A. JACOB u. F. ALTEN: Arbeiten über Kalidüngung. I. und II. Band. Berlin 1931 und 1935.
41. ECKSTEIN, O.: III. Grünland-Kongreß, Zürich, 1934, S. 106.
42. EGLITS, M.: Ern. d. Pflanze, 1934, S. 167.
43. Essex Agricultural Committee, Reports 1932—1933, S. 48.
44. FEILITZEN, H. v.: Mitt. d. Ver. z. Förderg. d. Moorkultur, 1904, S. 39.
45. FICKENDEY, F.: Ern. d. Pflanze, 1936, H. 17, S. 285.
46. FROMME, F. D., S. A. WINGARD u. G. M. SHEAR: Annual Report of the Virginia Polytechnic Institute Agr. Exp. Stat., 1927—1931.
47. FUCHS, W.: Ern. d. Pflanze, 1935, S. 233.
48. GARRARD, H. L.: Better Crops, 1936, 20, S. 6—9.
49. GASSNER, G., u. K. HASSEBRAUK: Phytopath. Ztschr., 1934, 7, S. 53 63.
50. GILBERT, B. E., u. J. L. HARDIN: J. Agr. Res., 1927, 35, S. 185—192.
51. GILDEHAUS, E. J.: Bot. Gazette, 1931, Bd. 92, S. 384—395.
52. GINSBURG, J.N.: Soil Science, 1925, 20, S. 1-13.
53. GIRAUD, E.: La Potasse, 1934, S. 76.
54. GÖRBING, J., u. v. HESSBERG: Ern. d. Pflanze, 1932, S. 81.
55. GROH: Deutsche Landw. Presse, 1926, 362.
56. HAARLEM, J. R. VAN: „Some Results of Mineral Deficiency Studies". Vineland Exp. Station Ontario.
57. HALL, D. M.: Minn. Agr. Exp. Sta., Tech. B. 103, 1934.
58. HARTT, C.: The Bot. Gaz., 1929, Nr. 3, S. 229.
59. HELMRICH, G.: Ern. d. Pflanze, 1908, S. 173.
60. HERSCHLER, A.: Ern. d. Pflanze, 1936, H. 11 12, S. 197.
61. HILTNER, E.: Prakt. Blätter f. Pflanzenbau u. Pflanzenschutz, 1. Jg., 1923, S. 46—49.
62. HOAGLAND, D. R., u. J. C. MARTIN: Soil Science, 1933, 36, S. 1—32.
63. HOAGLAND, D. R., u. J. D. MARTIN: Trans. of the Third Intern. Congress of Soil Science, 1935, Bd. I, S. 99—103.
64. HOBLYN, T.: The Journal of Pomology and Hort. Science, 1931, Bd. IX, S. 302
65. HOBLYN, T., u. W. A. BANE: East Malling Research Station Annual Report, 1933, S. 59—73.
66. HOFFER, G. N., u. J. F. TROST: Journ. Amer. Soc. Agron., 1923, 15, S. 323—331.
67. HOFFER, G. N.: Purdue Univ. Agr. Exp. Sta., Bull. 298, 1930. (Revised.)
68. HOFFER, G. N.: Journ. Amer. Soc. Agron., 1926, 18, S. 323—334.
69. HOFFMANN, J. C.: Better Crops, 1933, Nr. 6, S. 10.
70. HOLBERT, J. R., and B. KOEHLER: Journ. Agr. Res., 1924, 27, S. 71—78.
71. HONERT, T. H. v. D.: Arch. v. d. Suikerindustrie, Java, 1932, Nr. 23, III.
72. HÜLSEN, G.: Ern. d. Pflanze, 1935, S. 206.
73. JACOB, A.: Ztschr. Pflanzenern., Düngung u. Bodenkunde, A, 1935, Bd. 37, Nr. 1 2, S. 1.
74. JACOB, A.: Zuckerrübenbau, 1925, Bd. 7, S. 125.
75. JENTSCH: Ern. d. Pflanze, 1933, S. 168.
76. JONES, W. J. JR., u. H. A. HUSTON: Purdue U. Agr. Exp. Sta., Bull. 175, 1914.
77. KARTOFFELBAUGESELLSCHAFT: Die Kartoffel, 1932, S. 5.
78. KISSLING, R.: Handbuch d. Tabakkunde, P. Parey, 1919, S. 187.
79. KLINKOWSKI, M.: Ern. d. Pflanze, 1935, S. 21 -29.
80. KLINKOWSKI, M.: Phytopath. Ztschr., 1933, Bd. VI, H. 5, S. 531.
81. KOCHS, J.: Ztschr. f. Ernährung, 1931, H. 6, S. 177.
82. KORNFELD, A.: Ztschr. Pflanzenern., Düngung und Bodenkunde, A, 1933, Bd. 32, S. 201.
83. KÖSTLIN: Ern. d. Pflanze, 1929, S. 224.
84. KOSTYTSCHEW, S., u. P. ELIASBERG: Ztschr. Physiol. Chem. 1924, 111, S. 228-235.
85. KOTTE, W.: Ern. d. Pflanze, 1931, S. 204.
86. KRATSCHMER, L.: Ern. d. Pflanze, 1933, S. 265.
87. KRÜGER, W.: Das Zuckerrohr und seine Kultur, 1899, S. 212.
88. KRÜGER, W., u. G. WIMMER: Ernährungsverhältnisse, Anbau, Düngung und Krankheiten der Zuckerrübe. Bernburg. Mitt. d. Anh. Vers. Stat. Bernburg, 1927, S. 60-65.

89. Krüger, W., u. G. Wimmer: Nährstoffmangelersch. d. Kulturpflanzen, 1914.

89a. Krüger, W., u. G. Wimmer: Ztschr. d. Wirtschaftsgr. Zuckerindustrie, 1935, Bd. 85, S. 583—603, 623—679, 717—761.

90. Lagatu, H., et L. Maume: Comptes rendus des séances de l'Académie d'Agriculture de France, 6 Avril et 11 Mai 1927.

91. Lagatu et Maume: Le Progrès agricole et viticole, 1932, Nr. 24.

92. Lagatu et Maume: Communication à la Société Centrale d'Agriculture de l'Hérault, le 23 Mai 1932.

93. Lee, A., M. Medalla u. A. de Luzuriaga: Ann. Report of the Philipp. Sugar Assoc., Manilla, 1931, S. 89.

94. Leibrandt, M.: Landw. Jahrbücher, 1931, Bd. 74, S. 587.

95. Lindeman, H.: De Veldbode, Maastricht, 1930, Nr. 1410, 1432.

96. Lindenbein, W.: Ern. d. Pflanze, 1936, S. 144.

97. Loewel, L.: Wochenbl. Landesbauernsch. Hannover, 1936, S. 981—83.

98. Loewel, L.: Die Gartenbauwissenschaften, 1934, Bd. 8, S. 581.

99. Löhnis, M.: Tijdsch. v. Plantenziekten, 1933, Bd. 39, S. 268.

100. Lowig, E.: Landw. Jahrbücher, 1935, Bd. 81, S. 273.

101. Lowig, E.: Ern. d. Pflanze, 1936, S. 114.

102. Lowry, M. W., W. C. Huggins u. L. A. Forrest: Georgia Agr. Exp. Sta., 1936, Bull. 193.

103. Ludwigs, K.: Der prakt. Ratgeber im Obst- u. Gartenbau, 1929, Nr. 8, S. 78.

104. Lundegardh, H.: Die Nährstoffaufnahme d. Pflanze, Jena 1932, S. 273.

105. Maddux, H. T.: Com. Fert., Vol. 46, Nr. 1, P. 14; Ref. Ern. d. Pflanze, 1933, S. 154.

106. Martin, J. P.: Hawaian Planters Rec., 1934, 38, S. 3.

107. Maschhaupt, J. G.: De Veldbode, 1932, Nr. 1519, S. 615.

108. McCool, M. M., u. M. D. Weldon: Journ. Amer. Soc. Agron., 1928, 20, S. 778—792.

109. Meer, T. v.: Ern. d. Pflanze, 1929, S. 73.

110. Merkenschlager, F.: Ern. d. Pflanze, 1929, S. 275.

111. Merkenschlager, F.: Handb. d. Pflanzenkrankheiten, 1933, Bd. 1, S. 251.

112. Mes, M.: Phytopath. Ztschr., 1930, S. 593.

113. Moss, E. G., J. E. McMurtrey, Jr. W. Lunn u. J. M. Carr: United Staates Department of Agriculture, Techn. Bull. 12, Oct. 1927, Washington, D. C.

114. Mitscherlich, E. A.: Schrift. Königsb. Gelehrt. Ges., Jg. 12, H. 2, 1935.

115. Morris, V. H., u. J. D. Sayre: Plant Phys. 1935, 10, S. 565—568.

116. Müller, E.: Ern. d. Pflanze, 1928, S. 121.

117. Müller, H. G.: Ern. d. Pflanze, 1935, S. 94.

118. Neal, D. C.: Mississippi Agric. Exp. St., Bull. 248, 1928.

119. Neubauer,, H.: Mitt. der D. L. G., 1930, S. 943.

120. Nightingale, G. T., Schermerhorn u. Robbins: New Jersey Agric. Exp. St., 1930, Bull. Nr. 499.

121. Nightingale, G. T., L. G. Schermerhorn u. W. R. Robbins: Ref. Ern. d. Pflanze, 1932, S. 345.

122. Niklas, H., Strobel u. Scharrer: Landw. Vers.-Stat., 1927, Bd. cv, S. 115.

123. Niven, L. A.: Better Crops, 1933, Nr. 5, S. 7.

124. Overley, F. L., u. E. L. Overholsen: Proc. of the Am. Soc. Hort. Sci., 1931, Nr. 28, S. 572.

125. Pettinger, N. A.: Virg. Exp. Sta. Journ. of Agr. Res., 1931, Bd. 43, S. 95—119.

126. Pettinger, N. A.: Ern. d. Pflanze, 1932, S. 156.

127. Pettinger, N. A.: Vir. Agr. Exp. Sta., 1933, Tech. Bull. 46.

128. Pettinger, N. A., u. S. F. Thornton: Journ. Amer. Soc. Agron., 1934, 26, S. 547 bis 560.

129. Pieper, H.: Deutsche Landw. Presse, 1934, S. 95.

130. Porter, C. L.: Phytopathology, 1927, 17, S. 563—568.

131. Quanjer, H. M.: Ern. d. Pflanze, 1929, S. 194; 1931, S. 6.

132. Rademacher, B.: Ern. d. Pflanze, 1932, S. 149.

133. Reichert, J., u. J. Perleberger: Hardar Nr. 9, IV, 1931; Ref. Ern. d. Pflanze, 1932, S. 109.

134. REINHOLD, J., u. M. SCHMIDT: Ern. d. Pflanze, 1933, S. 194.
135. REINHOLD, J., u. J. KOCHS: Ztschr. Pflanzenern., Düngg. u. Bodenkde., A, 1935, Bd. 39, S. 198.
136. REISS, G.: Wiss. Arch. f. Landw., A, Pflanzenbau, 1930/31, Bd. 5, S. 247—303.
137. REMY, TH., u. H. LIESEGANG: Landw. Jahrbücher, 1926, Bd. 64, S. 213.
138. REMY, TH., E. OHLY, u. F. WEISKE: Landw. Jahrb., 1931, Bd. 71, S. 345.
139. REMY, TH., u. F. WEISKE: Ern. d. Pflanze, 1930, S. 269.
140. REMY, W.: Ern. d. Pflanze, 1933, S. 237.
141. RITTER u. KELLER: Ern. d. Pflanze, 1928, S. 461.
142. REED, H. S., HAAS, A. R.: Agr. Exp. Stat. Berkeley, Calif.; OPPENHEIM, J. D.: Wohltmann Bücher, Bd. 11; BASKIN, J. L.: Florida Grow. Mag.; ROHDE, G.: Afrika Nachr., Jg. 13, Nr. 19/20. S. Ref. Ern. d. Pflanze, 1933, S. 388.
143. ROHDE, G.: Ern. d. Pflanze, 1935, S. 237.
144. ROHDE, G.: Ern. d. Pflanze, 1933, S. 34.
145. RUSSELL, SIR JOHN E.: Wiss. Arch. f. Landw., A, 1932, S. 1.
146. SAUERLAND, W.: Ern. d. Pflanze, 1934, S. 21.
147. SAYRE, C. B., u. B. N. NEBEL: Proc. Soc. Hort. Sci., 1930, 27, S. 221.
148. SEARS, O. H.: Soil Science, 1930, 30, S. 325—347.
149. SEARS, O. H.: Better Crops, 1933, 18, S. 5.
150. SELLHORST, v.: Ztschr. f. Pflanzenkrankh., 1906, 16, S. 4.
151. SIBILIA: Boll. della R. Staz. di Patologia Vegetale, Roma, 1930, S. 423.
152. SOLL, H.: Mitt. der D. L. G., 1933, Nr. 12, S. 241.
153. SMITH, T. O., u. O. BUTLER: Ann. Bot., 1921, 35, S. 189—225.
154. SCHAFFNIT, E., u. A. VOLK: Forschungen, auf dem Gebiet der Pflanzenkrankheiten Heft 3, 1927; Ern. d. Pflanze, 1928, S. 387; 1932, S. 343; Landw. Jahrbücher, 1928, H. 3, S. 305.
155. SCHAFFNIT, E., u. A. VOLK: Phytopath. Ztschr., 1930, Bd. 1, S. 535; Mitt. der D. L. G., 1932, S. 471.
156. SCHAFFNIT, E., u. A. WILHELM: Phytopath. Ztschr., 1933, Bd. 5, Nr. 6, S. 506—566.
157. SCHALLER (Breslau): Die Gartenbauwirtschaft, 1929, Nr. 49.
158. SCHERMERHORN, L. G., u. W. R. ROBBINS: Ann. Rept. New Jersey Expt. St., 1930.
159. SCHIECK, W.: Wiss. Arch. Landwirtschaft, A, Pflanzenbau, 1931, Bd. 6, S. 421.
160. SCHMALFUSS, K.: Ztschr. f. Pflanzenern., Düngg. u. Bodenkde., A, 1934, Bd. 33, S. 28—38.
161. SCHMALFUSS, K.: Phytophat. Ztschr., 1932, Bd. 5, S. 207.
162. SCHOEVERS, A. C.: Ern. d. Pflanze, 1929, S. 297.
163. SCHROPP, W.: Landw. Vers.-Stat., 1934, Bd. 118, S. 1—70.
164. SCHROPP, W.: Ern. d. Pflanze, 1935, S. 301.
165. STUCH, P.: Ztschr. f. Pflanzenern., Düngg. u. Bodenkde., A, 1926, Bd. 7, S. 257.
166. THOMAS, R.: Better Crops, 1932, Bd. 18.
167. THORNTON, S. F.: Purdue Univ. Agr. Exp. Sta., Bull. Nr. 384, 1933.
168. THORNTON, S. F.: Purdue Agr. Univ. Exp. Sta. 1935.
169. THORNTON, S. F., S. D. CONNER u. R. R. FRASER: Purdue Univ. Agr. Exp. Sta., Cir. 204, 1936. (Revised.)
170. TOBLER, F.: Ern. d. Pflanze, 1934, S. 313.
171. TOBLER, F.: Jahrb. wiss. Botanik, 1933, Bd. 78, S. 295.
172. TRUOG, E.: Better Crops, 1925, Bd. 5, Nr. 1.
173. TUBBS, F. T.: Ann. Bot., 193[illegible], 44, S. 147—164.
174. TURRENTINE, J. W.: Potash. New York 1926.
175. ULBRICHT, H.: Faserforschung, 1936, Bd. 12, Nr. 2, S. 63.
176. VEENSTRA, G., u. L. J. DYKHUIS: Groning. Landbouwblad, 1933, Nr. 17.
177. VERHOEVEN, W. B. L.: Tijdschr. v. Plantenziekten, 1929, Bd. 35, S. 3.
178. VINET, E.: Comptes rendus des séances de l'Académie d'Agriculture 25. 11. 1931, 6. 7; 7. 12. 1932, 8; 15. 11. 1933; 10. 10. 1934; 9. 1. 1935.
179. VOGEL, F.: Ern. d. Pflanze, 1933, S. 457.

180. VOGEL, F.: Ern. d. Pflanze, 1933, S. 339—346.

181. VOGEL, F.: Deutsch. Erwerbsgartenbau, B, 1934, Nr. 30.

182. VOGEL, F., u. E. WEBER: Die Gartenbauwissenschaften, 1931, Bd. 5, S. 457.

183. VOLK, A.: Phytopath. Ztschr., 1931, Bd. 3, S. 1.

184. WADLEIGH, C. H.: Better Crops, 1933, Nr. 6.

185. WAGNER, F.: Arbeiten der D. L. G., 1931, H. 377.

186. WALLACE, T.: J. of Pomology and Hort. Sci., 1926, Bd. V, S. 2; 1928, Bd. VII, S. 3; 1929, Bd. VII, S. 4.

187. WALLACE, T.: J. of Pomology and Hort. Sci., 1930, Bd. VIII, S. 23.

188. WALLACE, T.: J. of Pomology and Hort. Sci., 1931, Bd. IX, S. 2.

189. WALLACE, T., u. H. P. HUTCHINSON: Univ. Bristol Ann. Rpt. Agric. and Hort. Res. Stat., 1924, S. 25—29.

190. WALLACE, T., and H. P. HUTCHINSON: Univ. Bristol Ann. Rpt. Agric. and Hort. Res. Stat., 1931, Bd. IX, S. 4.

191. WALLACE, T.: Long Ashton Research Station Reports, 1929, S. 47—58.

192. WALLACE, T.: Long Ashton Research Station Reports, 1931, S. 17—27.

193. WEIGERT, J.: Prakt. Blätter f. Pflanzenbau u. Pflanzenschutz, 1935, Jg. XII, S. 121.

194. WEIGERT, J.: Bauernland, 1932, Nr. 14.

195. WEIGERT, J., F. FÜRST u. H. WEIZEL: Prakt. Blätter f. Pflanzenbau u. Pflanzenschutz, 1935, Jg. XII, S. 317.

196. WEIGERT, J., u. H. WEIZEL: Prakt. Blätter f. Pflanzenbau u. Pflanzenschutz, Jg. XIII, 1936, S. 320.

197. WEINMANN, H.: Wiss. Arch. f. Landw. A, 1932, Bd. 9, H. 4, S. 525.

198. WELDON F. A., u. V. H. MORRIS: Ohio Agr. Exp. Sta., Bull. 471, 1931.

199. WENDELMUTH, G.: Ztschr. f. Ernährung, 3, 1933, H. 12, S. 362.

200. WETZEL, A.: Ern. d. Pflanze, 1935, S. 355.

201. WIESE: Ern. d. Pflanze, 1932, S. 362.

202. WILHELM, A.: Phytopath. Ztschr., 1935, Bd. 8, Nr. 2, S. 111; Nr. 4, S. 337.

203. WILHELM, A.: Die Gartenbauwissenschaften, 1933, Bd. 8, S. 77.

204. WILLIAMS, C. B.: Ann. Rept. of the North. Carolina Exp. Stat., 1930, Nr. 53, S. 50.

205. WILSON, H. K.: Journ. Amer. Soc. Agron., 1930, 22, 453—458.

206. WIMMER, G., u. H. LÜDECKE: Ern. d. Pflanze, 1934, S. 219.

207. WLODEK, J.: Roczniki Nauk Rolniczych i Lésnych, 1930, Vol. 23; Ref. Ern. d. Pflanze, 1931, S. 140.

208. WOHACK, F.: Ern. d. Pflanze, 1930, H. 14, S. 318.

209. ZATTLER, J.: Prakt. Blätter f. Pflanzenbau u. Pflanzenschutz, 1934, Jg. XII, S. 99.

Bildernachweis

Illustrations

Quelle Source	Abkürzung Abreviation
Agrikulturchemisches Institut Weihenstephan der Technischen Hochschule München; Schropp	AIW
American Potash Institute, Washington	API
Anhaltische Versuchsstation, Bernburg; Krüger, Wimmer	AVB
Bayerische Landesanstalt für Pflanzenbau und Pflanzenschutz, München; Zattler	BLP
Biologische Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Berlin-Dahlem	BRL
Botanisches Institut der Universität Königsberg, Abt. Pflanzenkrankheiten; Volk	BIK
Canada Experimental Farms; Davis, Hill	CEF
Dai Nippon Kali Kaisha, Tokyo; Kobayashi	NKK
Die Ernährung der Pflanze, 1936 S. 424	EDP
Forschungsanstalt für Bodenkunde und Pflanzenernährung, Rellingen b. Hamburg	FBP
Hacienda San Luis, Pinar del Rio, Cuba	HLP
Hawaiian Sugar Planters Association Experiment Station, Honolulu, Hawaii; Martin	HSP
Illinois Agricultural Experiment Station	IAE
Institut für Boden- und Pflanzenbaulehre der Universität Bonn; Lindenbein, Lowig	IBP
Mississippi Agricultural Experiment Station; D. C. Neal	MAE
New Jersey Agricultural Experiment Station	NJA
N. V. Potash Export Maatschappij, Amsterdam, New York	NVP
North Carolina Agricultural Experiment Station; C. B. Williams	NCA
Ohio Agricultural Experiment Station; J. C. Hoffmann	OAE
Phytopathologisches Institut der Universitat Bonn; Schaffnit	PIB
Potasas Reunidas, Madrid	PRM
Proefstation voor Vorstenlandsche Tabak, Java	PVJ
Proefstation voor de Java Suiker Industrie, Pasoeroean, Java	PJS
Service Scientifique et Agricole de la Société Commerciale des Potasses d'Alsace	SSA
Svenska Mosskulturforeningen, Jonkoping; Feilitzen	SMJ
United Potash Company, London; Cowie	UPC
Vereenigde Kalimaatschappij, Amsterdam; Lindeman, Clarté	VKA
Versuchsfeld Samac bei Coban, Guatemala	VSG
Versuchsfeld von V. Reenaerts, Zepperen, Belgien	VRZ
Vineland Experiment Station, Ontario, Canada; J. R. van Haarlem	VEO
Virginia Agricultural Experiment Station; F. D. Fromme u. S. A. Wingard	VAE
Wakayana Pref. Agricultural Experiment Station, Japan	WAJ
Wisconsin Agricultural Experiment Station	WAE
Wissenschaftliche Abteilung des Deutschen Kalisyndikats (Landwirtschaftliche Versuchsstation Berlin-Lichterfelde)	DKS

Fig.			Pag.
	Nährstoffentzugstafeln	DKS	
1.	Gramineen	IBP	9
2.	Tabak	WAE	11
3.	Soja	IBP	13
4.	Tobacco	VAE	16
5.	Tabac	SSA	17
6.	Hopfen	BLP	20
7.	Raspberry	VEO	21
8.	Grapefruit	NVP	25
9.	Apple	VEO	32
10.	Peach	VEO	33
11.	Sommergerste	VBP	35
12.	Maize	IAE	37
13.	Sugar cane	HSP	40
14.	Cotton	MAE	41
15.	Beet roots	NJA	44
16.	Kanariengras	VKA	45
17.	Soy bean	NCA	48
18.	Cucumber	OAE	49
19.	Tomato	OAE	51
20.	Melon	SSA	53
21.	Cotton	NVP	56
22.	Lein	AIW	58
23.	Hanf	AIW	59
24.	Sugar cane	HSP	62
25.	Chicorée	VRZ	65
26.	Wirsingkohl	DKS	66
27.	Cauliflower	UPC	67
28.	Tangerine	WAJ	69
29.	Cotton	NVP	73
30.	Rebe	PIB	75
31.	Hafer	DKS	77
32.	Kartoffelstengel	BRL	80
33.	Rebe	BIK	81
34.	Rebe	BIK	83
35.	Dactylis glomerata	IBP	85
36.	Zuckerrohr	PJS	87
37.	Tobacco	VAE	90
38.	Tobacco	VAE	91
39.	Tabak	EDP	93
40.	Kohlrabi	BIK	97
41.	Tabak	HLP	99

Tafel		
I.	Weizen	DKS
II.	Weizen	DKS
III.	Roggen	VKA
IV.	Roggen, Hafer	VKA
V.	Hafer	WVB
VI.	Japanese Barley	NKK
VI.	Gerste	VKA
VII VIII.	Rice	NKK
IX.	Mais	VKA
X.	Maize	APJ
XI.	Luzerne	VKA
XII.	Rotklee	AVB
XII.	Inkarnatklee	VKA
XIII.	Weißklee	VKA
XIV.	Timothee	SMJ
XV.	Kanariengras	VKA
XVI.	Pferde- und Sojabohne	VKA
XVII XIX.	Zuckerrübe	AVB
XX XXII.	Kartoffel	AVB
XXIII.	Kartoffel	VKA
XXIV.	Futterrübe	VKA
XXV XXVI.	Vigne	SSA
XXVII XXIX.	Apple	UPC
XXX.	Orange	PRM
XXXI.	Tangerine	NKK
XXXII.	Johannisbeere	VKA
XXXIII.	Gooseberry	UPC
XXXIV.	Strawberry	CEF
XXXIV.	Erdbeere	VKA
XXXV.	Tomate	AVB
XXXVI.	Zwiebel	VKA
XXXVII.	Karotte	VKA
XXXVIII.	Spinat, Sellerie	VKA
XXXIX.	Paprika, Gurke	DKS
XL.	Weißkohl	VKA
XL.	Weißkohl	AVB
XLI.	Rotkohl	AVB
XLI.	Rotkohl	VKA
XLII.	Rosenkohl	VKA
XLII.	Rosenkohl	AVB
XLIII.	Grünkohl	AVB
XLIV.	Wirsingkohl	VKA
XLV.	Blumenkohl	AVB
XLVI.	Bohne, Erbse	VKA
XLVII XLVIII.	Cotton	APJ
XLIX.	Flachs	VKA
L.	Sugar cane	HSP
LI.	Coffee	VSG
LII.	Tabak	AVB
LIII.	Tabak	VKA
LIV.	Peppermint	NVP

Index

Abwerfen der Blätter 10
Ackerbohnen 10, 46
Ähren 14
Älchenbefall 45
Alkalität 86
Amine 55
Apfel 12, 14, 16, 32, 44, 55, 102, XXVII–XXIX
Aroma 56
Arzneipflanzen 56
Assimilation 1, 15
Atmung 1

Bast 17
Baumwolle 11, 13, 14, 16, 41, 44, 56, 73, XLVII, XLVIII
Baumwollrost 43
Beerenansatz 14
Bestockung 15, IV
Birnen 102
Blattdürre 102
Blattfallkrankheit 43
Blattläuse 44
Blattrandkrankheit XXXII
Blaukrankheit 63
Blumenkohl 12, 16, 44, 67, XLV
Blutläuse 44
Blüte 14
Blütenansatz 14
Blütenknospen 103
Bramley 104
Braunfleckigkeit 10
Buchweizen 11, 14
Buschbohnen 10, 12, 14, 16, XLVI

Chlorophyll 9, 18
Chlorose 92
Chlorotische Erscheinungen 10, 102
Citrus 12, 14, 16
Collenchym 17

Dactylis glomerata 18, 85
Dickenwachstum der Wurzel 12, 13
Dicotyledonen 18
Diphenylamin 92

East Malling 103, 104, XXIX
Entquellungsvorgänge 45
Einrollen der Blätter 12
Eisenanhäufungen in Maispflanzen 91, 92
Eisenmetabolismus 92
Eisen-Kali-Antagonismus 91
Eisenverbindungen 89, 90
Eiweiß 61
Epidermis 17, 18
Erbse 8, 10, 13, 14, 16, 17, 55, XLVI
Erdbeere 8, 9, 12, 14, 102, XXXIV

Fallobst 103
Festigungsgewebe 17
Flachs 17, 43, 55, XLIX
Flissigkeit 14
Form der Blätter 11
Frostempfindlichkeit 45, 46
Frucht 14, 103
Fruchtansatz 14
Fruchtqualität 104
Fusarium vasinfectum 44
Futterrübe 8, 11, 12, 13, 55, XXIV
Futterwert 55

Gefäßbündelscheide 17
Gemüse 56
Gerste 9, 10, 13, 17, 55, 89, VI
Geschmack 56
Gestauchter Wuchs III, XIV
Getreide 12, 14, 15, 43, 55, 86, 88
Gewebezerstörungen 10
Grapefruit 12, 25
Gräser 10, 18, 43

Grünkohl XLIII
Grünland 46
Gurke 8, 14, 98, XXXIX

Hafer 9, 10, 14, 17, 77, IV, V
Halmfestigkeit 15
Haltbarkeit 55
Hanf 15, 59
Harmonie der Nährstoffe 1
Herbstkaligabe 104
Heterodera radicicola 45
Himbeere 11, 12, 21, 102
Hoffer-Methode X
Holzentwicklung 16
Hopfen 9, 11, 12, 20
Horstdüngung 90
Hybriden 90

Illinois 86, 87, 93
Inkarnatklee 10, 18, XII
Innerer Aufbau 8
Internodien 15
Iowa 87
Italienisches Raygras 8

Japanische Gerste VI
– – Mandarine XXXI
Johannisbeere 11, 44, 102, XXXII

Kaffee 12, LI
Kaligehalt des Heues 61
der Samen 61
Kaliumbitartrat 106
Kaliumion 61
Kalk 55, 86, 93
Kalkuberschuß 17
Kalzium 61, 62
Kälteschäden 46
Kanariengras 10, 15, 45, XV
Karotten 55, XXXVII
Kartoffeln 8, 11, 12, 15, 44, 46, 55, 79, XX–XXIII
Kationen 61, 62
Kräuselung der Blattflächen 12
Keimkraft 14
Keimpflanzenmethode 43
Kirsche 16, 55
Klee 10, 43
Knaulgras 10

Knöllchenansatz 13
Kohl 11, 55
Kohlehydratlagerung 104
Kohlrabi 46, 97
Kolbenausbildung 14
Kopfdüngung 86
Kornbildung 14
Korngewicht 14
Körneransatz 86
Kostproben 56
Krebs 103

Lagergefahr 88
Laubfall 103
Leguminosen 16, 56
Lein 15, 58
Leitbündel 18
Leitpflanze 10
Luftwurzeln 13
Lupine 10, 12, 13
Luzerne 10, 12, XI

Mais 10, 13, 14, 15, 86, 88, IX, X
Maisstengeluntersuchungen 92
Mandarine 16, 69
Mangold 11, 12
Markgefäße 17
Marktwert 55
Melampsora lini 43
Melaningehalt 55
Melone 14, 53
Meltau 43, 103
Mesophyll 18
Mischdünger 89
Monokotyledonen 17
Montpellier 106
Mosaikkrankheit 43

Nachtriebe 15
Natrium 15, 61
Nährstoffentzug 2
Nebenwurzeln 13
Nekrotische Flecke 11
Nematoden 45, 93, XIX
Neubauer-Methode 92
Niederungsmoorböden 86
Notreife 14
N-Überschuß 12

Oberhautzellen 8
Obst 56
Obstbäume 8, 16, 102
Ölgehalt 14
Ölpalme 11
Orangen 55, XXX

Palisadenzellen 17
Paprika XXXIX
Parenchym 17, 18
Pfefferminze LIV
Pferdebohne 16, 44, XVI
Pfirsich 12, 33
Pflaume 12, 16, 102
Phosphorsäure 1, 2, 86, 92, 93, 104
Phytophthora 43
Plasma 18, 63
Plasmolytische Vorgänge 18
Plasmopara 43
Platzen der Früchte 14
Positionale Löslichkeit des Kalis 90
Pseudomonas angulata 43, 91

Quellbarkeit 46, 62, 63

Raps 8
Rebe 12, 14, 16, 17, 44, 75, 81, 83, XXV, XXVI
Reihendüngung 90
Reis 9, VII, VIII
Rettich 13
Rhodankali 91, X
Roggen 14, III, IV
Rohrglanzgras 10
Rosenkohl XLII
Rost 11, 43, II
Rote Rübe 13, 15, 44
Rotklee XII
Rotkohl XLI

Sauerkraut 55
Schorf 103
Schwarzfaule 13
Schwarzfleckenkrankheit 43
Sellerie 55, XXXVIII
Sklerenchym 17, 18
Soja 10, 13, 14, 48, XVI
Sommertriebe 16
Sommerweizen 9
Spaltöffnungen 43, 63
Speicherorgane 8, 13
Speisekartoffeln 55
Spinat XXXVIII
Stachelbeere 9, 11, 14, 16, 44, 102, XXXIII
Standfestigkeit 13, 88
Stickstoff 1, 2, 12, 15, 43, 55, 61, 86, 92, 102, 103, 104
Stickstoff-Kali-Gleichgewicht 103
Stoffwechsel 1, 2
Stomata 43
Streifenbildung 86
Streifenkrankheit 43
Strohentwicklung 15
Stützorgane 8, 17
Süßkartoffeln 89

Tabak 8, 10, 12, 13, 16, 43, 45, 56, 90, 91, 93, 99, LII, LIII
Timothee 10, 15, XIV
Tomate 8, 9, 11, 14, 46, XXXV
Trachtenbild 15
Transpiration 46, 62
Traubenbildung 16
Triebentwicklung 16
Turgeszenz 15

Verarmung des Bodens 2
Veredelung 17
Viruskrankheiten 44

Wachsschicht 8
Wachstumsverzögerung 15, 16
Wasserkultur 13
Wasserverbrauch 46, 62
Weiden 17
Weidenstecklinge 13
Wein 56, 106
Weinstein 106
Weißfleckigkeit 9
Weißklee XIII
Weißkohl 16, XL
Weißtüpfligkeit 10, XI, XIII
Weizen 10, 89, I, II
Welkekrankheit der Baumwolle 44
Wiesen 56, 61, 102

Wiesenschwingel 10
Wildfeuer 43
Winterweizen 86
Wirsingkohl 66, XLIV
Worcester Pearmain 104
Wurzelbildung 13
Wurzelfäule 13, XVIII
Wurzelkrankheiten 44, 88
Würzstoffe 56
Zelldruck 63
Zellentartung 18
Zerstörungen der Gewebe 1
Zichorie 15, 65
Zuckergehalt 55
Zuckerrohr 10, 13, 15, 40, 62, 87, L
Zuckerrübe 8, 11, 12, 13, 15, 44, 45, XVII, XVIII, XIX
Zusammensetzung der Grasnarbe 56
Zwiebel XXXVI

Index

Acide phosphorique 3, 4, 84
Albuminoïdes 49, 64
Alcalinité 80
Alpiste de Canaries 22, 26, 45, XV
Amidon 25
Aminoacides 64
Antagonisme fer — potassium 84
Appauvrissement du sol 47
Arbres fruitiers 19, 27, 98, 101
Arome 58
Assimilabilité 82, 83
Assimilation 3, 26
Avoine 19, 20, 22, 25, 28, 77, IV, V
Azote 3, 4, 19, 23, 26, 48, 57, 64, 79, 84, 98, 100, 101

Bad hearts 25
Bette 22, 23
Betterave fourragère 19, 22, 23, 24, 27, 57, XXIV
— rouge 24, 27, 44
— sucrière 19, 22, 23, 24, 27, 49, XVII XIX
Bitartrate de potasse 105
Blé 20, 22, 81
Bois, mauvais développement 27
Bramley 100, 101
Brûlure des bords des feuilles 79, 80
Brunissure 105

Caféier 23, LI
Calcium 64, 66
Canne à sucre 20, 22, 24, 26, 29, 40, 62, 87, L
Carbohydrate 64
Carotte 57, XXXVII
Cassis 98
Cations 26, 64, 66
Céleri 57, XXXVIII
Cellules épidermiques 19, 28
— fibreuses 28
Céréales 23, 25, 26, 47, 57, 79, 81
— d'été 19, 20
Cerise 57
Cerisier 27
Chancre 100
Chanvre 26, 59
Chaux 57, 58, 80, 85
Chevelu radiculaire 24
Chicorée 27, 65
Chlorophylle 20, 28
Chlorose 20, 84
Chou blanc 19, 27, XL
— de Bruxelles XLII
Choucroute 57
Chou fleur 23, 27, 49, 67, XLV
— frisé XLIII
— de Milan (pancalier) 66, XLIV
— rave 50, 97
— rouge XLI
Chute prématurée des feuilles 99
Citrus 23, 26, 27
Collenchyme 28
Combustibilité du tabac 58, 99
Concombre 19, 25, 48, 49, XXXIX
Condiments 58
Conservation, degré de 57
Coton 22, 24, 26, 27, 41, 48, 56, 73, XLVII, XLVIII
Couche céroïde des feuilles 19
Crème de tartre 105
Crevaison de fruits 22, 53
Croissance rabougrie III
— réduite XIV, XVI
Cryptogames 79

Dactyle 20
— pelotonné 85
Dactylis glomerata 28
Dégustations, essais de 58

Dicotylédons 29
Diphénylamine 84

East Malling 100, XXIX
Économie d'eau 50, 66
Énergie germinative 24
Entre-nœuds 24
Épiderme 28, 29
Épinard XXXVIII

Faisceaux conducteurs 28
— de fibres 57
— ligneux 28
— vasculaires 28
Fane, maladie de 48
Fer 83, 84, X
Fétuque 20
«Feu sauvage» 47
Féverolle 25, 27, 49, 50, XVI
Fléole 20, 26, XIV
Foin 58, 64
Fraisier 19, 20, 23, 26, 98, XXXIV
Framboisier 21, 22, 23, 98
Froid, dommages causés par — 49, 50
Froment I, II
Fruits, qualité des 101
Fusarium vasinfectum 48

Gale 100
Gonflement du colloïde 50, 66
Goût 58
Graine, teneur en potassium 64
Graminées 20, 28, 47
Grape fruit 23, 25
Grillure des feuilles 79, 98, 99
Groseiller épineux 20, 22, 26, 27, 48, 98, XXXIII
— à grappes 22, 48, 98, XXXII

Haricot 20, 50
— des champs 22
— nain 22, 23, 25, 27, XLVI
Hérédité 82
Heterodera radicicola 49
Hoffer, méthode — X
Houblon 20, 22, 23, 26, 58
Hybrides 82
Hydrates de carbone 49, 101

Illinois 80, 85
Iowa 80

Jaunissement des feuilles 80

Leaf scorch 98
Légumineuses 27, 58
Liber 28
Lin 26, 28, 47, 57, 58, XLIX
Lupin 22, 23, 24
Luzerne 20, 22, 23, XI

Maïs 22, 24, 25, 26, 37, 78, 80, 81, 82, 83, 84, IX, X
Maladie du cœur 24
— de la mosaïque 47
— des rayures 47
— virulentes 49
Mandarine japonaise XXXI
Mandarinier 69
Maturité, défaut de 57
Mauguio près Montpellier 105
Melampsora lini 47
Mélanine 57
Melon 25, 53
Menthe LIV
Mésophylle 29
Métabolisme du fer 84
Mildiou 48, 100
Monocotylédones 27
Morphologie externe de la plante 26
— interne de la plante 27

Nématodes 49, 93, XIX
Neubauer, méthode — 47
Nodosités 24

Oignon XXXVI
Ondulation de la surface des feuilles 23, I, IX, XXIV, XXXII, XXXIX, XL, XLI
Orange 57, 58, XXX
Orge 20, 22, 24, 28, 35, 57, 82, VI
— japonaise VI
Osier 24, 28

Paille 25, 26
Palmier à huile 22
Panachure des feuilles 80

Pancalier (chou de Milan) 66, XLIV
Parasites 23, 47, 48, 51
Parenchyme 28, 29
Patate douce 82
Pâturage 47
Pêcher 23, 33
Phalaris 20
Phytophtora 47
Plantes médicinales 58
Plasma 26, 66
Plasmopara 48
Plastides 29
Poirier 98
Pois 19, 21, 22, 24, 25, 27, 28, 57, XLVI
Poivre rouge XXXIX
Pomme 57, XXIX
— de terre 19, 22, 23, 26, 49, 50, 57, 79, XX—XXIII
Pommier 22, 23, 26, 27, 32, 48, 98, XXVII, XXVIII
Pourriture de la racine 24, 37, XVIII
Prairie 64, 98
Pression cellulaire 66
Protéine 57, 58
Prunier 23, 26, 27, 98
Pseudomonas angulata 47, 91
Pucerons 49

Racines aériennes 24
— fibreuses 81
— latérales 23, 24
— tubérisées 82
Radis 24
Rave 19
Ray grass d'Italie 19
Résistance à l'arrachement 81
Respiration 3
Riz 19, VII, VIII
Rougeot 105

Sarrasin 22, 24
Sclérenchyme 28, 29
Seigle 25, III, IV
Sodium 26, 64
Soja 13, 20, 22, 24, 25, 48, XVI
Sol sablonneux 80
— tourbeux 80
Sulfocyanure de potassium 83, X
Stomates 47, 66

Tabac 16, 19, 21, 23, 24, 27, 47, 49, 58, 90, 91, 93, 99, LII, LIII
Taches chlorotiques XI
— nécrotiques 22, 66, VI, VIII, XXXI, XLVI, L, LII, LIII
— noires, maladie de 47
Taille naine XLIX
Tallage 26, VI
Tissu constitutionnel 28
— de soutien 19
Tomate 19, 20, 22, 25, 50, 51, XXXV
Transpiration 50, 66
Trèfle 22, 47
— blanc XIII
— incarnat 22, 29, XII
— rouge XII
Turgescence 26

Valeur fourragère 57
— marchande 57
Verse des céréales 80
Vigne 22, 23, 24, 26, 27, 28, 48, 75, 81, 83, XXV XXVI
Vin 58

Worcester Pearmain 100

Index

Acid potassium tartarate 107
Acidity 96
Alfalfa 31, 32, 34, XI
Alkalinity 72
Amines 60
Anchorage capacity 74
Angular leaf spot 52, 91
Antagonism 76
Aphids 53
Apple 32–34, 37, 39, 52, 60, 95, 96, XXVII–XXIX
  Bramley 96
  coloured 96
  Worcester Pearmain 96
Aromatic essences 60
Assimilation 5, 30, 38

Bad heart 37
Barley 31, 35, 39, 59, 74, VI
Barnyard manure 76
Barren grain 36
Bast 40
Beans 54
  bush 31, 34, 37, 39, XLVI
  field 32, 54
  horse 36, 39, 53, XVI
Beet roots 36, 38, 44
Black rot 36
Blasted grain 36
Blossom buds 96
Bolting 38, 65
Brassica 30, 60
Brussels sprouts XLII
Buckwheat 33, 37
Bud formation 39, 75

Cabbage 32, 60
  red XLI
  savoy 66, XLIV
  white 30, 39, XL
Calcium 68, 70
Canary-grass 31, 38, 45, XV
Canker 96
Carbohydrate 53, 68, 97
Carrots 60, XXXVII
Cation 38, 68, 70
Cauliflower 34, 39, 53, 67, XLV
Celery 60, XXXVIII
Cell pressure 70
Cereals 31, 37, 72, 74 (cf. Grain)
Cherries 39, 60
Chicory 38, 65
Chillies XXXIX
Chlorophyll 31, 40
Chlorosis 31, 52, 76, 95
Citrus 34, 38, 39
Clover 31, 32, 39, 52, 72, XII, XIII
— crimson 32, 42, XII
Cocksfoot see Dactylis glomerata
Coffee 34, LI
Collenchyma 40
Colloid 70
Corn see Maize
Cotton 34, 36, 37, 39, 41, 52, 72, 73, XLVII, XLVIII
— bolls 56
  rust 52
Cream of tartar 107
Cucumbers 30, 37, 48, XXXIX
Culls 96
Currants 33, 52, 95, XXXII
Curly kale XLIII

Dactylis glomerata 31, 40, 85
Dehydration 53, 54
Delayed maturity 38
Dicotyledons 42
Die back 96
Diphenylamine 77

Discoloration (peas) 37
Dwarfing 38, 39 (cf. Stunted)

East Malling 97, XXIX
Eelworm see Nematodes
Epidermis 30, 39–42

Farmyard manure see Barnyard manure
Feeding value 59
Flax 38, 40, 52, 58, 59, XLIX
Frost susceptibility 53, 54
Fruit 60, 76, 96, 97
— early falling of 5[illegible]
— quality of 97
— trees 30, 37, 39, 95–97
Fusarium vasinfectum 52

Germination capacity 36
Gooseberries 31, 33, 38, 39, 52, 95, XXXIII
Grafting 40
Grain(s) 34, 36, 38, 52, 59, 72, 74, 77, 78
— straw ratio 36, 38
— weight 36
Gramineae 9 (cf. grasses)
Grapefruit 25, 34
Grape-vine 33, 34, 36, 38–40, 52, 75, 81, 83, 107, XXV, XXVI
Grass orchards 97
Grasses 31, 36, 40, 52
Grig 53

Hay, meadow 68
Hemp 38, 59
Heredity 74–76
Heterodera radicicola 53
Hoffer method X
Hops 20, 31, 33, 34, 37, 60
Hybrids 76

Internodes 38
Ion (K) 68, 70
Iron compounds 74–77
— metabolism 76

Keeping quality 59, 60
Kohlrabi 54, 97

Leaf crinkling 34
— curling 16, 34, 95
Leaf discoloration 30, 34, 42, 60, 95, 107
— disintegration 31, 42
— dullness 30
— fall disease (vines) 52
— modifications 34, 39, 54, 60
— narrowness, shrivelling etc. 34
— scorching, burning 72, 76, 95, 96, XXXII
— shedding 31, 33, 38, 39, 95
— size 25, 34
— spots 11, 31, 33, 42, 52, 62, 91, 107
— streaking 72
Lime 40, 59, 60, 72, 76, 78
Lodging 36, 74, 75
Low temperature breakdown 96
Lucerne see Alfalfa
Lupine 32, 34, 36

Maize 31, 35, 38, 72–77, IX, X
Mangolds 31, 33, 34, 36, 38, 59, XXIV
Meadow fescue 31
Meadows 54, 60, 68, 95
Mechanical tissues 30, 39, 42
Medicinal plants 60
Medullary ray 40
Melampsora lini 52
Melanin 59
Melons 37, 53
Mesophyll 41, 42
Metabolism 5, 6, 53, 76
Mildew fungi 52, 96
Monocotyledons 39
Montpellier 107
Mosaic 52

Necrosis 32, 34, 40, 42, 60, 70, 85, 107
Nematodes 53, 93, XIX
Neubauer method 52, 77
Nitrogen 5, 34, 38, 52, 59, 60, 72, 77, 95–97, 107
— nitrate 77
— potash ratio 95, 96
Node (Fe in) 74, 76, 77
Nodulation 36

Oats 31, 36, 39, 72, 73, 77, IV, V
Oil content (cotton seed) 37
— palms 34
Onion XXXVI
Oranges 60, XXX

Palisade 40, 42
Parenchyma 39–42
Peach 33, 34
Pears 95
Peas 30–32, 36, 37, 39, 40, 59, XLVI
Peppermint LIV
Phosphates 72, 78, 97, 107
Phosphoric acid 5, 77
Phytophthora 52
Pith 40, 54
Plant lice 53
Plasma 70
Plasmolysis 41
Plasmopara 52
Plum 34, 39, 95
"Positional" availability of potassium 76
Potassium thiocyanate 76, X
Potatoes 30, 33, 34, 38, 40, 53, 54, 59, 60, 79,
XX–XXIII
Protein 53, 59, 68
Protoplasm 41
Pseudomonas angulata 52, 91
Pulling resistance see Anchorage

Radishes 36
Rape 30
Raspberries 21, 33, 34, 95, 96
Reed grass 31
Respiration 5
Rice 31, VII, VIII
Root diseases 52
— discoloration 36, 74
— hairs 36
— rot 35–37, 74, XVIII
Roots, aerial 36, 40
Rust 34, 52
Rye 36, 38, IV
— grass 32, 38
— grass Italian 30

Sauerkraut 60
Scab (fruit) 96
Schizoneura lanigera 53
Sclerenchyma 39, 40, 42
Scorching 39
Seed formation 36, 37
Side-dressing 72, 73
Sodium 38, 68
Soils 72
— Illinois 72, 76–78
Soy-bean 13, 31, 32, 36, 48, XVI
Spinach XXXVIII
Sprouting 38
Starch 36, 59
— protein ratio 59
Stomata 52, 70
Storage organs 30, 35
Straw 36, 38
Strawberries 30, 31, 34, 36, 95, 97, XXXIV
Stripe disease 52
Stunted growth 72, 107, III, XIV (cf. Dwarfing)
Sugar beet 30, 33, 34, 36, 38, 53, 59, XVII–XIX
Sugar cane 31, 32, 36, 38, 40, 42, 62, 87, L
— content 59
Sulphuric acid 77
Sweet potatoes 74
Swelling capacity, ability 70
Swiss chard 33, 34

Tangerine 69, XXXI
Tillering 38, IV
Timothy grass 31, 38, XIV
Tobacco 11, 30, 31, 34, 36, 39, 40, 52, 53, 60, 70,
76, 91, 93, 99, LII, LIII
— combustibility, hygroscopicity 60
Tomatoes 30, 31, 33, 37, 48, 54, 60, XXXV
Transpiration 54, 70, 95
Turgor 38, 70

Vascular bundle 39, 40
Vegetables 60
Vessels, xylem 39
Virus diseases 53

Water relationships 54, 68, 70
Wax layer 30
Wheat 31, 52, 72, 75, II
White spot (legumes) 42, 70, XI, XIII
Wild fire (tobacco) 52, 76, 91
Willow 36, 40
Wilt (cotton) 41, 52
Wilting 70, 96
Wine 60, 107
Woolly aphis 53

Xylem vessels 39